الكيمياء

البكالوريا المصرية

الصف الثاني الثاني

الجزء الأول

11

SPRIX

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الكيمياء

البكالوريا المصرية

الصـــف الثـــاني

Advised by
INTERNATIONAL BACCALAUREATE®

The International Baccalaureate™

has reviewed the pedagogical and assessment approaches underpinning this textbook.

© 2026 Ministry of Education and Technical Education

All rights reserved.

Copyrights and accountability for the content of this textbook remain with the Ministry of Education and Technical Education.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system,

or transmitted in any form or by any means - electronic, mechanical, photocopying, recording,

or otherwise - without the prior written permission of the copyright holders.

Ministry of Education and Technical Education

New Administrative Capital

Cairo, Egypt

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

مقدمة

تجسيدًا الرؤية نظام البكالوريا المصرية والتزامها بإعداد متعلمين قادرين على مواكبة متطلبات القرن الحادي والعشرين، يأتي تطوير كتاب الكيمياء للصف الثاني الثانوي ليقدم للطلاب تجربةً تعليمية رصينة، ممتعة، ومحفزة فكريًا. وقد صُمم هذا المنهج لترسيخ الفهم المفاهيمي العميق، وبناء الثقافة العلمية، مع تمكين المتعلمين من تطبيق المعارف والمهارات الكيميائية في سياقات الحياة الواقعية.

تقوم فلسفة هذا الكتاب على التعلم القائم على الاستقصاء؛ حيث يبني الطلاب فهمهم ذاتيًا عبر الملاحظة، والتساؤل، والبحث، والتفكير المستند إلى الأدلة. وينطلق التعلم من ظواهر حيوية، ومواقف حقيقية، وخبرات استكشافية تستثير الفضول، وتدفع المتعلمين إلى البحث عن تفسيرات علمية للعمليات والتفاعلات الكيميائية في محيطهم. وعبر هذا النهج، يُوجَّه الطلاب لاستكشاف الأنماط، وصياغة التفسيرات، وبناء الاستيعاب العلمي قبل الخوض في المفاهيم والمبادئ والقوانين والنماذج الرسمية.

يعكس تنظيم كل درس تسلسلًا متناغمًا ينطلق من الاستكشاف وصولًا إلى بناء المفهوم وتطبيقه؛ متبعًا في ذلك استراتيجية (**تعلم- مثال- الشرح-حاول بنفسك-تدرب**). حيث يُقدَّم للطلاب أولاً سياقات وظواهر ونماذج مختارة بعناية؛ لربط التعلم الجديد بالمعارف السابقة والخبرات اليومية. وتُشكِّل هذه المقدمات الجاذبة حافزًا للاستقصاء، يُحفِّز المتعلمين على تحليل الملاحظات، وتفسير الأدلة، وتحديد الأنماط، وصياغة تفسيرات أولية. وتأسيسًا على هذه المرحلة الاستكشافية، يتفاعل الطلاب مع المفاهيم، والمبادئ، والقوانين، والنماذج الكيميائية الجوهرية التي تفسر تلك الظواهر وتمنحهم إطارًا منظمًا لفهم العالم الطبيعي. وقد نُظِّم المحتوى هادفًا إلى ترسيخ **الفهم المفاهيمي العميق عوضًا عن الحفظ التلقيني**، مما يُمكِّن المتعلمين من إدراك العلاقات بين المفاهيم، وإقامة روابط وثيقة بين الأفكار، وتطبيق معارفهم بثقة في سياقات جديدة ومبتكرة. وعبر محطتي (حاول بنفسك) و(تدرب)، تُتاح للطلاب فرص حيوية لممارسة ما اكتسبوه وتطبيقه، وصولًا إلى بناء استيعابٍ رصين ومترابط ومتكامل لعلم الكيمياء.

ويتيح هذا الكتاب **مساراتٍ رحبة للتجريب، وحل المشكلات، والاستقصاء المستقل**؛ حيث يُحفَّز الطلاب على اختبار الأفكار، وجمع البيانات وتحليلها، وتقييم الأدلة، والتوصل إلى استنتاجات مدعومة بالأدلة. وعبر هذه الخبرات العملية، يكتسب المتعلمون ثقةً راسخة في توظيف التفكير العلمي، ليتحولوا إلى مشاركين فاعلين في بناء المعرفة، تجاوزًا لنمط التلقِّي السلبي للمعلومات.

يتكامل التقييم في عملية التعلم بوصفه أداة للتعلم والتحسين المستمر معًا. وتتيح الدروس محطات متنوعة للتقييم التكويني والختامي، تُمكن الطلاب من رصد تقدمهم، وتحديد مجالات نموهم المعرفي، وإظهار عمق فهمهم. وقد صُممت مهام التقييم بعناية لتُحاكي نمط الأسئلة الاختبارية، مع التركيز على تحفيز مهارات التفكير العليا، والتحليل، وتطبيق المعارف في سياقات جديدة وغير مألوفة.

أُولي اهتمام خاص لإبراز طبيعة العلم بوصفها ركيزةً أساسية للثقافة العلمية؛ حيث تُتاح للطلاب فرص لفهم كيفية توليد المعرفة العلمية، والتحقق من صحتها وتنقيحها، ونقلها داخل الأوساط العلمية. كما يشجع المنهج على تقدير إسهامات العلماء والمبتكرين الذين شكَّلت اكتشافاتهم فهمنا للعالم الكيميائي وأسهمت في تقدم الإنسانية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

يطوِّر الكتاب بصورة منهجية مهارات عمليات العلم، بدءًا من الملاحظة والقياس والتصنيف مرورًا بالاستدلال، والتنبؤ، والتجريب، وصولاً إلى تفسير البيانات والنمذجة والتواصل العلمي. وتتكامل هذه المهارات ضمن خبرات التعلم؛ لضمان ألّا يقتصر دور الطلاب على استيعاب المعرفة العلمية فحسب، بل يمتد إلى بناء الكفاءات اللازمة للتفكير والممارسة بأسلوب علمي.

وتناغمًا مع تطلعات التعليم المعاصر، يُرسّخ المنهج أبعاد الوعي العالمي والانفتاح الدولي؛ عبر ربط مفاهيم الكيمياء بالممارسات العلمية العالمية، والابتكارات التقنية، فضلًا عن التحديات البيئية وأهداف التنمية المستدامة. كما يحفز الطلاب على استيعاب الطبيعة المترابطة للمعرفة العلمية، وإدراك الدور المحوري للكيمياء في معالجة القضايا المؤثرة في المجتمعات على المستويات المحلية، والوطنية، والعالمية.

علاوة على ذلك، يستهدف المنهج تنمية التفكير الناقد والإبداعي؛ عبر إشراك الطلاب في تحليل الأدلة، وتقييم التفسيرات البديلة، وابتكار حلول ريادية، وتطبيق المعرفة العلمية في مواجهة تحديات واقعية. كما يُحفَّز المتعلمون على مقاربة المشكلات بمنظور العلماء والكيميائيين والمهندسين؛ مستندين إلى التفكير المنظومي وهندسة التصميم لاستقصاء الأسئلة وتطوير حلول عملية.

الدمج المتعمد بين مفاهيم الكيمياء وحياة الطلاب وخبراتهم إحدى السمات الجوهرية لهذا الكتاب؛ حيث تُطرح الأفكار العلمية عبر الفصول ضمن سياقات دلالية حيوية، مدعومةً بتطبيقات معاصرة مستمدة من الصناعة، والصحة، والتقنية، والطاقة، والاستدامة، والحياة اليومية. وتعمل هذه الروابط على ترسيخ أهمية الكيمياء في وجدان المتعلمين، بما يُمكّنهم من تقدير دورها المحوري في فهم العالم من حولهم والارتقاء به.

ومن الأبعاد الجوهرية أيضًا التزام المنهج بتعزيز التعلم التأملي؛ إذ يُحفَّز الطلاب على الانخراط في التقييم الذاتي والتفكير ما وراء المعرفي، مما يُمكِّنهم من رصد مستويات فهمهم، وتقييم استراتيجياتهم الدراسية، وتحمَّل مسئولية أكبر تجاه نموهم الأكاديمي. ومن خلال التأمل في محتوى تعلمهم وآلياته، يكتسب الطلاب عادات التعلم المستمر مدى الحياة، ليكونوا قادرين على التكيف مع مختلف التحديات والفرص المستجدة.

في نهاية المطاف، يهدف هذا الكتاب إلى بناء جيلٍ من المتعلمين المثقفين علميًّا، والمسئولين، والمبدعين؛ متسلحين بالمعارف، والمهارات، والقيم، والاتجاهات الكفيلة بتحقيق نجاحهم في عالمٍ سريع التغير. ونأمل أن تُلهم هذه الرحلة التعليمية الطلاب لاستكشاف الكيمياء بشغف، والتفكير بمنهجية، والعمل بمسئولية؛ بما يضمن إسهامهم الفاعل في رقيِّ المجتمع، ورسم مستَقَبلٍ مستدامٍ للإنسانية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

كيف تستخدم هذا الكتاب

يتّبع كل درس مسارًا استكشافيًّا يقودك في رحلة علمية شيِّقة:
لاحظْ • تساءلْ • استقصِ • فسِّرْ • طبِّقْ • قيِّمْ.

1 سؤال توجيهي
ينطلق كل درسٍ بسؤالٍ موجّه؛ يستثير تفكيرك، ويُحفّزك على ربط المفاهيم الكيميائية بالظواهر الواقعية من حولك.

2 مقدمة
سيناريو قصير أو ظاهرة أو سياق واقعي يقدّم الدرس ويوضح أهمية الموضوع في الحياة اليومية والتكنولوجيا والمجتمع.

3 تعلم
تُطرح من خلالها المفاهيم الأساسية، والتعريفات، والقوانين، والمبادئ، والنماذج العلمية بوضوح وفق بنية منهجية مُحكمة.

4 الاستكشاف
استقصِ الأنماط، وحلِّل الأدلة، وحدِّد العلاقات، وتنبأ بالنتائج قبل تقديم التفسيرات الرسمية.

5 مثال
تضم أسئلةً ونماذج استرشادية تعينك على توظيف المعرفة، وتهيئتك لاستيعاب معرفي أعمق.

6 الشرح
يركز الشرح على عمليات لتفكير العلمي و إجراء العمليات الحسابية و حل المشكلات.

7 فكّر كعالم كيمياء
استخدم التفكير العلمي لبناء استنتاجات مدعومة بالأدلة، وتقييم الادعاءات، وتفسير النتائج التجريبية.

8 فكّر كمهندس
استخدم مفاهيم الكيمياء لحل المشكلات العملية واتخاذ قرارات مبنية على الأدلة في سياقات تكنولوجية وهندسية.

9 تطبيق حياتى
اكتشف كيف تؤثر الكيمياء في تحقيق الاستدامة، وتعزيز الصحة، وإنتاج الطاقة، والصناعة والنقل والحياة اليومية.

10 بنية العلم
استكشف المفاهيم والنماذج والمبادئ العلمية التي تربط الدرس لتحقيق فهم علمي أعمق.

11 طبيعة العلم
استكشف منهجية العلماء في جمع الأدلة، وتصميم التجارب، وتحليل البيانات، لصياغة تفسيرات علمية موثوقة.

12 التصورات الخطأ
تعرَّف على التصورات الخاطئة للمفاهيم الكيميائية ليصبح فهمك أكثر دقة وسلامة علمية.

13 المعادلات في لمحة
يقدم خلاصةً شاملة للصيغ، والرموز، والعلاقات الجوهرية؛ لتكون مرجعًا سريعًا يسهل الرجوع إليه.

14 حاول بنفسك
طبّق المفاهيم الجديدة من خلال أسئلة موجهة وتمارين منظمة (ممارسة ما تعلمته).

15 تدرب
عمّق استيعابك عبر منظومة أسئلةٍ متدرجة الصعوبة؛ تُحفّز مهارات التفكير، والتحليل، والحل الحسابي المنهجي.

16 تحدَّ تفكيرك
تعامل مع أسئلة عالية المستوى تتطلب التقييم والتركيب وحل المشكلات والحجج العلمي.

17 فكر وتأمل
راجع المفاهيم الأساسية من الدرس الحالي والدروس السابقة؛ لتعزيز الاستيعاب المستدام، وضمان جاهزيتك التامة للاختبارات.

الفهرس
موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

دروسك في منهج البكالوريا المصرية

كل درس مرتبط بموضوع في منهج الكيمياء ضمن إطار البكالوريا المصرية

الفصل الأول - حالات المادة

١-١ تغيرات الحالة ١
١-٢ اتزان السائل والبخار وضغط البخار ٧
١-٣ مخطط الطور ١٣
١-٤ قوانين الغازات ١٧
١-٥ معادلة الغاز المثالي ٢٢
١-٦ الضغط الكلي والضغط الجزئي ٢٦
١-٧ الغاز المثالي والغاز الحقيقي ٣١
١-٨ خصائص المحاليل ٣٧
١-٩ ارتفاع درجة الغليان وانخفاض درجة التجمد ٤٣
١-١٠ الضغط الأسموزي ٥٠
١-١١ الغرويات (محاليل الغرويات) ٥٤
١-١٢ بنية البلورات الفلزية ٥٨
١-١٣ بنية البلورات الأيونية ٦٣

الفصل الثاني - التغيُّر والاتزان في المادة

٢-١ التفاعلات الكيميائية وتغيرات الإنثالبي ٦٨
٢-٢ قانون هس ٧٥
٢-٣ الخلية الكهروكيميائية (١) (خلية دانيال) ٧٩
٢-٤ الخلية الكهروكيميائية (٢) (خلايا متنوعة) ٨٤
٢-٥ التفاعلات عند الأقطاب الكهربائية (١) ٨٩
٢-٦ التحليل الكهربائي (٢) (كمية الكهرباء، خليتان تحليليتان) ٩٤
٢-٧ سرعة التفاعل ١٠٠
٢-٨ العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل ١٠٥
٢-٩ الاتزان الكيميائي ١١١
٢-١٠ مبدأ لوشاتيليه ١١٦
٢-١١ الاتزان الأيوني ١٢١
٢-١٢ الأملاح والمحاليل المائية ١٢٧
٢-١٣ حاصل الإذابة ١٣٣

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الفصل الأول

حالات المادة

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

١-١ – تغيُّرات الحالة

مقدمة

تتغيَّر المادة من حولنا يوميًّا بطرق مثيرة للاهتمام: يذوب الجليد ليتحول إلى ماء، وتختفي البرك بعد المطر، وتتشكَّل السحب عاليًا في السماء. ورغم أن هذه التغيرات تبدو بسيطة، إلا أنها ناتجة عن حركة الجسيمات وانتقال الطاقة.

في هذا الدرس، سنكتشف كيف ولماذا تغيِّر المواد حالتها، ونتحقق من القوى المؤثرة بين الجسيمات، ونكتشف كيف تساعد هذه المفاهيم في تفسير الظواهر الطبيعية التي تشكِّل عالمنا.

؟ سؤال توجيهي: كيف تُشكِّل الطاقة حالات المادة من حولنا؟

تعلم

١. درجة الحرارة السيليزية ودرجة الحرارة المطلقة:

(أ) **درجة الحرارة السيليزية (المئوية):** هو مقياس درجة الحرارة المستخدم في الحياة اليومية، ويُقاس بالدرجات السيليزية (المئوية) (الرمز: °C).

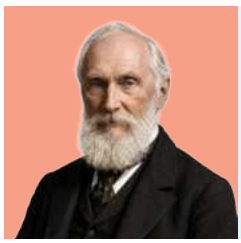
(ب) **درجة الحرارة المطلقة:** مقياس لدرجة الحرارة يبدأ من الصفر المطلق (−273 °C) ويستخدم يستخدم نفس قيمة التدريج المستخدمة في مقياس سيليزيوس. ووحدته هي الكلفن (الرمز: K).

– العلاقة بين الحرارة المطلقة T (بالكلفن) ودرجة حرارة سيليزيوس t (بالمئوية) هي: $T = t + 273$

صندوق المعادلة

العلاقة	التعبير	ملاحظة
المطلقة ↔ سيليزيوس	$T\,(K) = t\,(°C) + 273$	نفس الفاصل الزمني؛ تختلف نقطة الصفر بمقدار 273

تقدير العلماء



سُمِّي مقياس كلفن نسبة إلى اللورد كلفن، الذي ساعدت أبحاثه العلماء على فهم العلاقة بين درجة الحرارة والطاقة وحركة الجسيمات.

واليوم، يُستخدم مقياس كلفن على نطاق واسع في الكيمياء والفيزياء وعلوم الفضاء

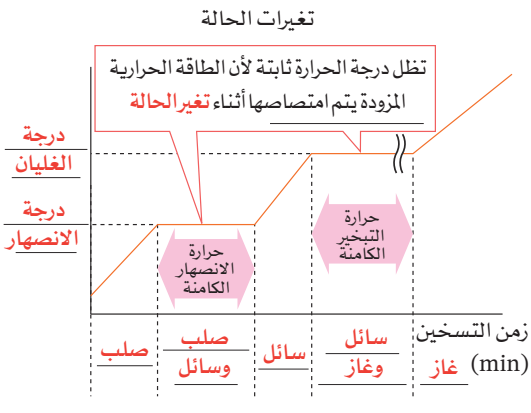
٢. تغيُّرات الحالة

(أ) يمكن أن تتغيَّر المادة بين الحالات الصلبة والسائلة والغازية من خلال الانصهار والغليان والتكاثف والتجمد.

(ب) تغيُّرات الحالة (انظر الشكل 1.1.1):

(i) **حرارة الانصهار:** كمية الحرارة اللازمة لتحويل 1 mol من مادة صلبة إلى سائلة.

(ii) **حرارة التبخر:** كمية الحرارة اللازمة لتحويل 1 mol من مادة سائلة إلى غازية.



شكل 1.1.1 العلاقة بين تغير درجة الحرارة والحالة الفيزيائية للمادة

(جـ) كيفية حساب كمية الحرارة:

(i) كمية الحرارة اللازمة لتغيُّرات الحالة:

يُعبَّر عن حرارة الانصهار وحرارة التبخر بوحدة (kJ/mol)، وتُقاس عند ضغط 1 atm.

بنية العلم

حقيقة أساسية:

تتوقف تغيرات الحالة ودرجات الانصهار/الغليان على انتقال الطاقة وقوى التجاذب بين الجسيمات.

المفاهيم الأساسية:

- درجة الحرارة بالسيليزيوس
- درجة الحرارة المطلقة
- حرارة الانصهار
- حرارة التبخر
- قوى فاندرفالز
- الرابطة الهيدروجينية

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مثال: احسب كمية الحرارة اللازمة لانصهار 36 g من الجليد عند 0°C.
(علمًا بأن: حرارة انصهار الماء = 6.0 kJ/mol ، الكتلة المولية للماء = 18 g/mol)
الحل:
36 g من الجليد = 36 ÷ 18 = 2 mol
كمية الحرارة = 6.0 × 2.0 = 12 KJ

(ii) **كمية الحرارة المصاحبة للتغيرات في درجة الحرارة:**
السعة الحرارية النوعية للماء هي 4.2 J/g.°C ، أي أن 4.2 J هي كمية الحرارة التي ترفع درجة حرارة جرام واحد من الماء.

مثال: كمية الحرارة اللازمة لتسخين 100 g من الماء من 5 °C إلى 25 °C هي:
$4.2\ [J/(g\cdot°C)] \times 100\ (g) \times [25 - 5]\ [°C] = 8400\ J = 8.4\ kJ.$
$Q = m.c.\ (t_2 - t_1)$

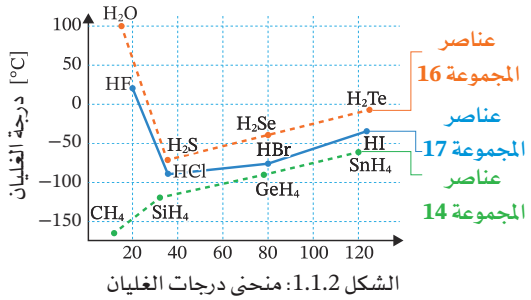
فكّر كمهندس:
إذا كنت تصمم نظام تبريد لنقل اللقاحات إلى المجتمعات النائية. أي خاصية ستكون أكثر أهمية عند اختيار مادة التبريد؟
– حرارة انصهار عالية – حرارة تبخير عالية
قدم دليلًا على إجابتك مستخدما منحنى نقطة الغليان.
.....

٣. القوى بين الجسيمات ودرجات الانصهار/الغليان

(أ) **القوى بين الجزيئات:** قوى تجاذب بين الجزيئات. وهي **أضعف** من الروابط التساهمية والروابط الأيونية والروابط الفلزية.

(i) **قوى فاندرفالز Vander waals:** قوى تجاذب ضعيفة بين الجزيئات، والتي تزداد بزيادة الكتلة الجزيئية النسبية. وبالنسبة للجزيئات ذات الكتلة الجزيئية النسبية المتشابهة، تكون **القوى** بين الجزيئات القطبية **أقوى** من تلك بين الجزيئات غير القطبية.

(ii) **الرابطة الهيدروجينية:**
رابطة تتكوَّن بين ذرتين لهما سالبية كهربية عالية (F, O, N) عبر ذرة هيدروجين مرتبطة تساهميًا بإحداهما. والروابط الهيدروجينية أقوى من قوى تجاذب فاندرفالز.



الشكل 1.1.2: منحنى درجات الغليان

(ب) **القوى بين الجسيمات ونقاط الانصهار/الغليان:**
كلما كانت قوى التجاذب بين جزيئات المادة أقوى، كلما ارتفعت درجة الانصهار ودرجة الغليان.

مثال: من درجات غليان المواد الموضحة في الشكل 1.1.2:
$H_2O > H_2S$ نظرًا لتكوُّن روابط **هيدروجينية** بين جزيئات الماء، كما أن HBr > HCl بسبب الكتلة الجزيئية النسبية الأكبر لبروميد الهيدروجين، وكذلك لان هيدريدات عناصر المجموعة 14 جزيئات غير قطبية، فإن نقاط غليانها منخفضة.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) سُخِّن 90 g من الماء عند 30°C حتى تحولت تمامًا بالكامل إلى بخار عند 110°C. كم KJ من الحرارة يتم امتصاصها؟ أجب لأقرب رقمين عشريين.

علمًا بأن الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من الماء بمقدار 1K هي 4.2 J/(g·K)،

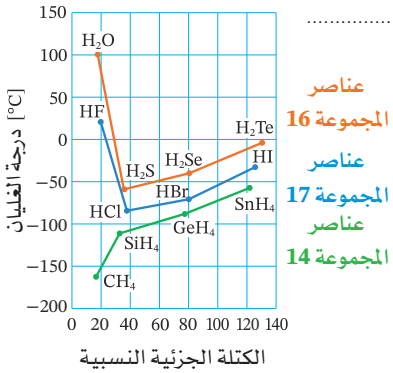
والحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من البخار بمقدار 1K هي 2.1 J/(g·K)،

وأن حرارة التبخر هي 41 kJ/mol (O = 16 , H = 1.0)

.....

(ب) يوضِّح الشكل المقابل درجات غليان هيدريدات عناصر المجموعات 14 و16 و17.

باستخدام الشكل، حدِّد ما إذا كان كل جزء تحته خط صحيحًا (T) أو خاطئًا (F)، مع تصحيح الخطأ.



(١) بين هيدريدات نفس المجموعة في الدورات من 3 إلى 5، كلما قلت الكتلة الجزيئية النسبية، ارتفعت درجة الغليان.

(٢) نظرًا لأن هيدريدات عناصر المجموعة 14 جزيئات قطبية، فإن درجات غليان هيدريدات المجموعة 14 منخفضة في نفس الدورة.

(٣) نظرًا لتكوُّن روابط هيدروجينية بين جزيئات HF، فإن درجة غليان HF أعلى من درجة غليان HCl.

(جـ) أي المادتين لها درجة غليان أعلى، CO_2 أم SiO_2؟ أجب باستخدام صيغتها الكيميائية.

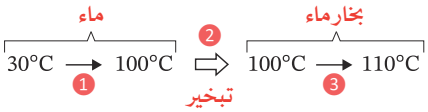
كن مواطنًا عالميًا

يظل الحصول على المياه النظيفة أحد أكبر التحديات التي تواجه البشرية. تستخدم العديد من الدول – بما في ذلك مصر والسعودية وسنغافورة وأستراليا – تقنيات تعتمد على التبخر والتكاثف لإنتاج مياه شرب نظيفة.

الشرح

(أ) بملاحظة تغيُّرات الحالة التي تحدث احسب على الترتيب:

❶ كمية الحرارة اللازمة لتغيُّر درجة حرارة الماء.



❷ كمية الحرارة اللازمة لتغيُّر الحالة من ماء إلى بخار.

❸ كمية الحرارة اللازمة لتغيُّر درجة حرارة البخار.

عند التعبير عن الفرق في درجات الحرارة، فإن درجة الحرارة المطلقة [K] ودرجة الحرارة المئوية [°C] تعطي نفس القيمة العددية

١. أولًا، كمية الحرارة اللازمة لتسخين 90 g من الماء من 30°C إلى 100°C

يتم حساب الحرارة اللازمة لتغير الحالة باستخدام كمية المادة [mole].

$$4.2\ J/(g\cdot K) \times 90\ g \times (100 - 30)\ K = 26460\ J = 26.46\ kJ$$

٢. بعد ذلك، احسب كمية الحرارة اللازمة لتحويل الماء إلى بخار. بما أن الكتلة المولية للماء هي 18 g/mol، فإن 90 g من الماء تعادل 5.0 mol = 18 g/mol / 90 g .

لذلك، كمية الحرارة اللازمة لتحويل 5.0 mol من الماء عند 100°C إلى بخار عند 100°C هي: 41 kj/mol × 5.0 mol = 205 kj.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣. وأخيرًا، كمية الحرارة اللازمة لتسخين 90 g من البخار عند 100°C إلى 110°C هي:

$$2.1\ J/(g{\cdot}K) \times 90\ g \times (110 - 100)\ K = 1890\ J = 1.89\ kJ$$

لذلك، إجمالي كمية الحرارة المتصة هي:

$$26.46\ kJ + 205\ kJ + 1.89\ kJ = 233.35\ kJ \approx 2.33{\times}10^2\ kJ$$

(ب) (1) من الشكل، يمكن ملاحظة أنه بالنسبة للمركّبات في نفس المجموعة ضمن الدورات من 3 إلى 5، كلما زادت الكتلة الجزيئية النسبية، ارتفعت درجة الغليان. ← خطأ (F): زادت

(2) هيدريدات عناصر المجموعة 14 جزيئات غير قطبية والجزيئات غير القطبية لها قوى فاندرفالز بين جزيئاتها أضعف مقارنة بالجزيئات القطبية؛ لذا فإن درجة غليانها أقل. ← خطأ (F): جزيئات غير قطبية.

(3) صحيح (T).

(جـ) CO_2 بلورة جزيئية، أما SiO_2 فهو بلورة شبكية تساهمية (بنية تساهمية عملاقة). وفي البلورات الشبكية التساهمية والبلورات الأيونية والبلورات الفلزية، تكون القوى بين الجسيمات (ذرات/أيونات) أقوى من القوى بين الجزيئات، لذا فإن درجات انصهارها وغليانها مرتفعة. لذلك، فإن SiO_2 له درجة غليان أعلى.

ملاحظة: في الجزيئات ذات التراكيب المتشابهة، كلما زادت الكتلة الجزيئية النسبية، زادت قوى فاندرفالز.

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. مادتان (A , B) لهما نفس الكتلة الجزيئية النسبية، تغلي المادة A عند 100°C، بينما تغلي المادة B عند 35°C.

أي من الاستنتاجات التالية يعد صحيحًا؟

(أ) تحتوي المادة A على عدد أقل من الجزيئات.

(ب) تمتلك المادة A قوى تجاذب بين جزيئاتها أقوى.

(جـ) تمتلك المادة A روابط تساهمية أضعف.

(د) تحتوي المادة A على ذرات أكبر.

الإجابة: .....

٢. تختفي بركة ماء بعد عدة ساعات من هطول المطر. أي مما يلي يعد التفسير الذي يوضِّح هذه الملاحظة بشكل أفضل؟

(أ) تم تكسير جزيئات الماء.

(ب) تحوُّل الماء إلى غازَي الهيدروجين والأكسجين.

(جـ) اكتسبت جزيئات الماء طاقة وتحولت للحالة الغازية.

(د) تفاعل الماء مع الأكسجين في الغلاف الجوي.

الإجابة: .....

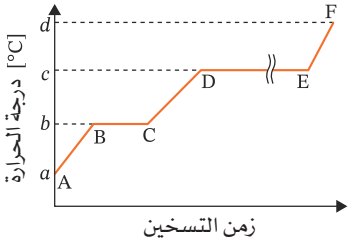
أجب عن الأسئلة التالية:

٣. كم [kj] من الحرارة تُمتص لتحويل 36 g من الماء عند 50°C إلى بخار عند 110°C؟ أجب بالتقريب لأقرب رقمين عشريين. علمًا بأن الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من الماء السائل بمقدار 1°C هي 4.2 J/(g.°C)، والحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة 1 g من البخار بمقدار 1°C هي 2.1J/(g.°C)، وأن حرارة تبخير الماء عند 100°C هي 41 kJ/mol. (H = 1.0 , O = 16)

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٤. يوضِّح الشكل التالي تغير درجة حرارة جسم صلب من المادة (X) عند درجة حرارة (a°C) عند تسخينه حتى يتحول إلى الحالة الغازية عند درجة حرارة (d°C).



أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) ما العملية التي تحدث خلال الفترة ثابتة الحرارة BC؟ وحدّد أيضًا حالة المادة X في ذلك الوقت.

.....

(ب) ما اسم درجتَي الحرارة (°C) a و (°C) b على الترتيب؟

.....

(جـ) تكتسب المادة (X) كمية من الحرارة خلال الفترتين BC وDE، و لا ترتفع درجة الحرارة. فيمَ تُستخدم هذه الحرارة؟

.....

(د) ما اسم كمِّيتَي الحرارة المكتسبتين خلال الفترتين BC وDE على الترتيب؟

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي من المواد التالية تتوقَّع أن يكون لها أعلى درجة غليان؟

(أ) CH_4

(ب) H_2S

(جـ) H_2O

(د) CO_2

الإجابة: .....

٢. لاحظ عالِم أن المادة X تنصهر عند درجة حرارة أعلى بكثير من المادة Y. ما الذي يمكن استنتاجه؟

(أ) قوي التجاذب بين جزيئات المادة X أقوي

(ب) عدد جسيمات المادة X أقل

(جـ) الكتلة الجزيئية للمادة X أقل

(د) تحتوي المادة X على عدد أكبر من الجسيمات الغازية

الإجابة: .....

أجب عن الأسئلة التالية:

٣. كم [kj] من الحرارة تلزم لتسخين 9.0 g من الجليد عند 0C إلى ماء عند 80°C ؟

أجب لأقرب رقمين عشريين.

علمًا بأن حرارة انصهار الجليد هي 6.0 kJ/mol وأن السعة الحرارية النوعية للماء هي 4.2 J/(g·K).

(H = 1.0 , O = 16)

.....

فكر وتأمل

أكمل:

✓ فكرة واحدة غيرت طريقة تفكيري

.....

✓ تطبيق واحد في الحياة الواقعية اكتشفته

.....

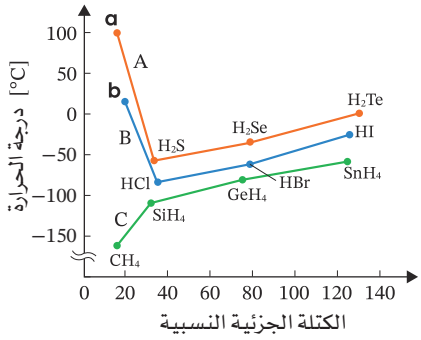
✓ سؤال واحد ما زلت أرغب في استكشافه

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٤. يوضِّح الشكل المقابل:

العلاقة بين الكتلة الجزيئية النسبية ودرجة الغليان، والرموز من A إلى C تعبر عن جزيئات هيدريدات لعناصر في نفس المجموعة. أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) اكتب الصيغ الكيميائية للجزيئات a وb.

.....

.....

(ب) في الجزيئات ذات التركيب والروابط المتشابهة جدًّا كتلك الموجودة في المجموعة C، بشكل عام، كلما زادت الكتلة الجزيئية النسبية، ارتفعت درجة الانصهار ودرجة الغليان. اذكر السبب في ذلك.

.....

(جـ) بمقارنة المركَّبات الثلاثة ذات أصغر كتلة جزيئية نسبية في المجموعات A وB وC، تكون درجتي الغليان a وb أعلى بشكل ملحوظ مقارنة بـ CH_4 في C. اذكر سبب هذا الفرق.

.....

تحدَّ تفكيرك:

الماء له كتلة جزيئية أقل بكثير من H_2Te، ومع ذلك فإن درجة غليان الماء أعلى بكثير. هل يمكن للكتلة الجزيئية وحدها أن تفسِّر درجة الغليان؟ اكتب تفسيرًا علميًّا لإجابتك.

.....

.....

.....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

١-٢ — اتزان السائل والبخار وضغط البخار

مقدمة

عندما نصنع الشاي، أو نغلي الماء، تظهر فقاعات فجأة وترتفع إلى السطح. هل تساءلت يومًا عما يوجد داخل هذه الفقاعات؟ هل هي مليئة بالهواء، أم ببخار الماء، أم بشيء آخر؟ ولماذا لا تتكون إلا عندما تصل درجة حرارة الماء إلى حد معين؟

في هذا الدرس، ستستقصي العلاقة بين ضغط البخار، والغليان، والاتزان بين السائل والبخار للكشف عن العلم الكامن وراء هذه الظاهرة اليومية.

؟ سؤال توجيهي: كيف تحدد حركة الجسيمات والقوى بين الجزيئات ما إذا كان السائل يتبخر، أم يتكثف، أم يغلي؟

تعلم

١. وحدات الضغط (Units of pressure)

(أ) 1 باسكال (Pa): هو الضغط الناتج من تأثير قوة مقدارها 1 نيوتن (N) على مساحة قدرها $1m^2$

(ب) 1 هيكتوباسكال (hPa) = 100 باسكال (Pa)

(جـ) 1 ضغط جوي = 1.013×10^5 Pa = 1013 hpa

٢. الاتزان بين السائل والبخار وضغط البخار:

(أ) الاتزان بين السائل والبخار:

عند ترك سائل في وعاء مغلق دون التأثير عليه بأي مؤثر خارجي، تحدث عمليتان في نفس الوقت

- **التبخر (Evaporation):** هروب جزيئات من سطح السائل في صورة بخار
- **التكثف (Condensation):** عودة بعض من جزيئات البخار إلى سطح السائل.

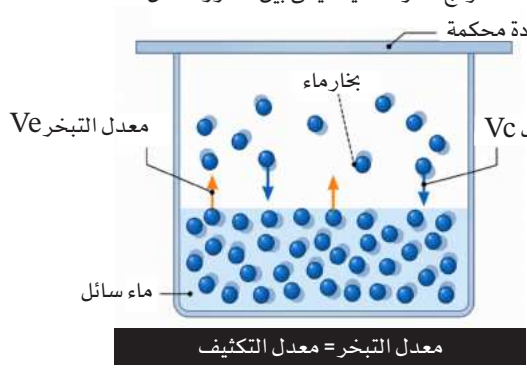
الطاقة الحركية لجزيئات السائل:

لا تمتلك جميع الجزيئات المكونة للسائل نفس الطاقة الحركية.

العلاقة بين درجة الحرارة والطاقة:

مع ارتفاع درجة الحرارة، تزداد نسبة «الجزيئات عالية الطاقة» والتي تكون قادرة على التغلب على قوى التجاذب بين الجزيئات والتبخر. وبناءً على ذلك، **يزداد معدل التبخر (عدد الجزيئات التي تتبخر في وحدة الزمن)**.

نموذج الاتزان الديناميكي بين الغاز والسائل



الشكل 1.2.1 العلاقة بين معدل التبخر ومعدل التكثف

على الرغم من أنه يبدو كما لو أن كلتا العمليتين (التبخر والتكثف) قد توقفتا، إلا أن الحركة الجزيئية لم تتوقف في الواقع. وتسمى هذه الحالة الاتزان بين السائل والبخار **(Equilibrium Liquid–Vapor)**.

بنية العلم

حقيقة أساسية:

يصل السائل الموجود في وعاء مغلق إلى حالة تحدث فيها عمليتا التبخر والتكثيف بمعدلات متساوية، وتسمى هذه الحالة حالة التوازن بين البخار والسائل.

المفاهيم الأساسية:

- ضغط البخار
- ضغط البخار المشبع
- التبخر- التكثيف
- حالة توازن البخار والسائل
- الغليان
- الضغط الجوي
- ضغط الغاز
- الفراغ

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ب) ضغط البخار:

هو ضغط البخار المؤثر على سطح السائل عند حالة الاتزان بين السائل والبخار ويسمى (ضغط البخار المشبع) وللتبسيط يسمي ضغط البخار.

خصائص ضغط البخار:

العوامل التى تؤثر في ضغط البخار:

- درجة الحرارة:

مع ارتفاع درجة الحرارة، يزداد عدد الجزيئات ذات الطاقة الحركية العالية، وبالتالي يزداد ضغط البخار. ويُسمى المنحنى البياني الذي يوضح هذه العلاقة بـ **منحنى ضغط البخار**.

- نوع المادة:

المواد ذات القوى بين الجزيئية الأضعف تتبخر بسهولة أكبر، وبالتالي يكون لها ضغط بخار أعلى عند نفس درجة الحرارة. (على سبيل المثال: اثيرثنائي الايثيل > الإيثانول > الماء)

العوامل التى لا تؤثر في ضغط البخار:

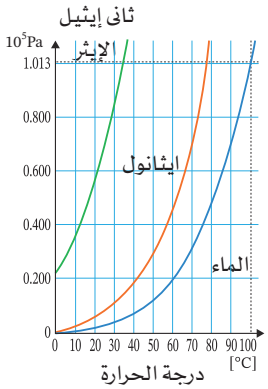
- الحجم:

يظل ضغط البخار ثابتًا طالما ظلت درجة الحرارة ثابتة والسائل موجودًا، بغض النظر عن التغيرات في كمية السائل أو حجم البخار داخل الوعاء.

(جـ) الغليان:

هو ظاهرة تحدث عندما تتصاعد جزيئات السائل في صورة بخار من باطن السائل وليس من سطح السائل فقط.

يحدث الغليان عندما يتساوى ضغط البخار مع الضغط الخارجي (الضغط الجوي).



مثال: وفقًا للرسم البياني، عند ضغط جوي يبلغ 1.013×10^5 Pa، يغلي الماء عند 100°C درجة مئوية.

فكر بشكل نقدي: الادعاء • الدليل • الاستدلال (CER)

قم ببناء حجتك

الادعاء: السائل الذي يتمتع بضغط بخار أعلى يتبخر بسهولة أكبر.

الدليل: استخدم المعلومات الواردة في الرسم البياني لضغط البخار.

الاستدلال: وضح كيف تدعم حركة الجسيمات والقوى بين الجزيئات هذا الادعاء.

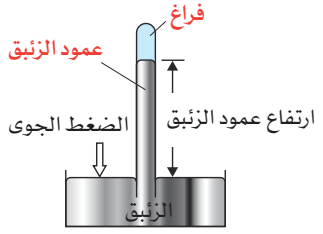
.....

تطبيق حياتي: أواني الضغط:

يغلي الماء عندما يتساوى ضغطه البخاري مع الضغط الجوي المحيط به. وباستخدام غطاء محكم الإغلاق، تقوم حلة الضغط بحبس البخار بالداخل، مما يؤدي إلى رفع الضغط وبالتالي رفع درجة غليان الماء - ونتيجة لذلك، يَنضج الطعام بشكل أسرع بكثير عند درجات الحرارة المرتفعة.

٣. عمود الزئبق وضغط الغاز:

(أ) عمود الزئبق: عندما يُملأ أنبوب زجاجي مغلق من أحد طرفيه بالزئبق ثم يُقلب داخل وعاء يحتوي على الزئبق، فإن عمود الزئبق يستقر عند ارتفاع معين كما هو موضح في الشكل 1.2.3، ويتم تشكيل عمود زئبق داخل الأنبوب. في هذه اللحظة، يصبح جزء الأنبوب العلوي فراغًا.



شكل 1.2.3 قياس الضغط الجوى

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ب) عمود الزئبق والضغط:

- يتناسب ارتفاع عمود الزئبق **تناسبًا طرديًّا** مع الضغط الجوي.
- يبلغ ارتفاع عمود الزئبق **760 mm** مم عند 1.013×10^5 pa (1 atm).
  باستخدام وحدة (mmHg)، 1.013×10^5 pa = 760 mmHg.
- إذا تم إدخال غاز إلى الجزء العلوي من العمود، ينخفض الارتفاع؛ ومقدار هذا الانخفاض يتناسب طرديًّا مع ضغط الغاز.

وحدات الضغط

الوحدة	التعبير
1 atm	1.013×10^5 Pa = 1013 hPa = 760 mmHg
1 hPa	100 Pa
شروط الغليان	ضغط البخار = الضغط الخارجي (الضغط الجوي)

استكشف بالتجربة:

اصنع مؤشر الضغط الجوي الخاص بك

المواد

- زجاجة فارغة
- برطمان أو وعاء بلاستيكي
- بالون (أو ورقة مطاطية قابلة للتحلل البيولوجي)
- شريط مطاطي
- ماصَّة شرب (يفضل أن تكون ورقية)
- ورق مقوى أو ورق معاد تدويره
- غراء أو شريط لاصق
- قلم تحديد.

احتياطات السلامة

استخدم المقص بحذر عند القص

- تأكد من خلو البرطمان الزجاجي من أي شقوق
- أبقِ الجهاز بعيدًا عن الحرارة الزائدة
- اعمل تحت إشراف المعلم عند استخدام الأدوات الحادة.

الخطوات

1. اقطع البالون وافرده بإحكام على فتحة البرطمان.
2. استخدم شريطًا مطاطيًّا لتثبيته بإحكام في مكانه.
3. ثبت أحد طرفي الماصة بشريط لاصق في منتصف سطح البالون الممدود.
4. ضع قطعة من الورق المقوى خلف الماصة وارسم مقياسًا بسيطًا مع علامات مرجعية.
5. احتفظ بالجهاز في نفس المكان وسجل موضع الماصة على مدار عدة أيام.

كيف يعمل؟

تؤثر التغيرات في الضغط الجوي على غشاء البالون المرن.

- يؤدي ارتفاع الضغط الجوي إلى دفع الغشاء لأسفل.
- يؤدي انخفاض الضغط الجوي إلى تحرك الغشاء لأعلى.

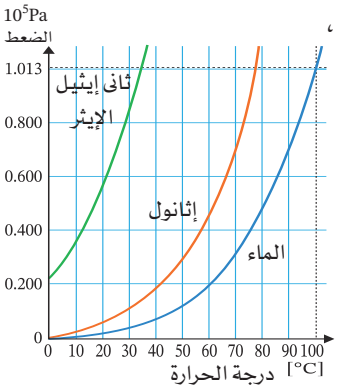
مع تحرك الغشاء، تعمل القشة كمؤشر، تشير إلى التغيرات في الضغط الجوي.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) يمثل الرسم البياني منحنيات ضغط البخار للإيثيرثنائي الايثيل، والإيثانول، والماء. أجب عن الأسئلة التالية:



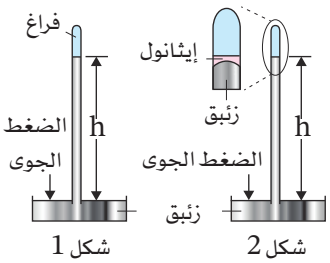
الشكل 1.2.2 العلاقة بين ضغط بالبخار ودرجة الحرارة

(i) ما درجة غليان الإيثانول عندما يكون الضغط الجوي 1.0×10^5 Pa؟

(ii) أي من المواد الثلاث، تتميز بأضعف قوى بين الجزيئية.

(iii) أى من المواد الثلاث، أقل تبخر عند 20°C؟

(ب) عند درجة حرارة 25°C وضغط 1.013×10^5 Pa عندما يُملأ أنبوب زجاجي طوله 1m ومغلق من أحد طرفيه بالزئبق ويُوضع كما هو موضح في الشكل 1، يصبح ارتفاع h للزئبق في الأنبوب الزجاجي 760 mmHg، ويصبح الجزء العلوي من عمود الزئبق فراغًا. فإن الضغط الجوي في هذه الحالة يساوي 760 mmHg



أجب عن الأسئلة التالية:

(i) عندما يكون الضغط الجوي 3.039×10^4 Pa فما قيمة h بـ mm؟

(ii) كما هو موضح في الشكل 2، عندنا ادخال كمية صغيرة من الإيثانول إلى الجزء الفراغي من الأنبوب الزجاجي ويصل إلى حالة اتزان بين الحالة البخارية والسائلة، ماذا قيمة h [mm] عند ضغط جوي 1.013×10^5 Pa؟ افترض أن ضغط البخار المشبع للإيثانول عند 25°C يساوي 65 mmHg، وأن كتلة الإيثانول يمكن تجاهلها.

الكيمياء حول العالم

قد تتأثر طريقة طهي الناس ببيئتهم.
في المناطق المرتفعة من سطح البحر يؤدي انخفاض الضغط الجوي إلى غليان الماء عند درجة حرارة أقل من 100°C وللتغلب على هذه المشكلة تستخدم العديد من الأسر أواني الضغط، التي ترفع الضغط داخل الوعاء، وتسمح بطهي الطعام بكفاءة أكبر.

الشرح

(أ)(i) بما أن درجة الحرارة التي يتساوى عندها الضغط الجوي مع ضغط البخار هي درجة الغليان، فما عليك سوى قراءة درجة الحرارة التي يكون عندها ضغط البخار 1.013×10^5 Pa ومن الرسم البياني، نجد أن درجة غليان الإيثانول عندما يكون ضغط البخار 10×10^4 Pa = 1.0×10^5 Pa تصبح 78°C

(ii) كلما ضعفت قوي التجاذب بين الجزيئات، انخفضت درجة الغليان. المادة التي لها أقل درجة غليان عند 10×10^4 هي إيثرثنائي الإيثيل. وبالتالي، فإن الإجابة هي إيثرثنائي الإيثيل.

(iii) كلما زاد ضغط البخار، زاد عدد الجزيئات السائل التي تهرب من السائل، ويحدث التبخر. لذلك، فإن المادة الأقل احتمالًا للتبخر هي الماء، الذي له أقل ضغط بخار عند 20°C وفقًا للرسم البياني.

(ب)(i) يتناسب ارتفاع عمود الزئبق تناسبًا طرديًا مع الضغط الجوي. عندما يكون الضغط الجوي 1.013×10^5 Pa، يكون ارتفاع عمود الزئبق h يساوي 760 mm، لذا فإن ارتفاع عمود الزئبق h عند الضغط الجوي 3.039×10^4 Pa يساوى:

$$1.013 \times 10^5 \text{ Pa} : 760 \text{ mm} = 3.039 \times 10^4 \text{ Pa} : h \text{ [mm]}$$

الإجابة: $h = 228$ mm

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

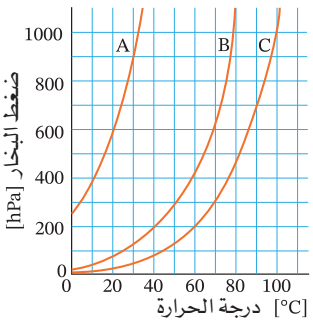
(ii) عندما يُدخل الإيثانول إلى الجزء العلوي ويصل إلى حالة الاتزان بين البخار والسائل، داخل الأنبوب، يؤدي ضغط بخار الإيثانول المشبع إلى انخفاض مستوى الزئبق بمقدار 65 mmHg. وبما أن h = 760 mmHg عندما يكون الجزء العلوي في حالة فراغ عند ضغط جوي 1.013×10^5 Pa، فإن قيمة h عند إدخال الإيثانول هي:

$$h = 760 - 65 = 695 \text{ mm}$$

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. يوضح الشكل منحنيات ضغط البخار للمواد من A إلى C. أجب عما يلي.



(أ) استنتج من الشكل درجة غليان المادة A عند 1.0×10^5 Pa

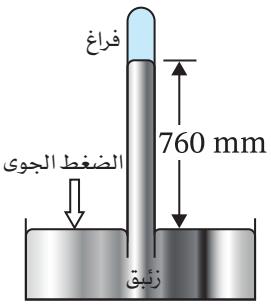
(ب) ما درجة غليان الماء عند قمة جبل سيناء

(الضغط الجوي 0.75×10^5 Pa)

(جـ) اكتب حرف المادة التي تتميز بأضعف قوى تجاذب بين الجزيئات.

الإجابة: .....

٢. عندما يُملأ أنبوب زجاجي طوله 1m مغلق من الطرف العلوي، بالزئبق ويُقلب في حوض زئبق كما هو موضح في الشكل، عند ضغط جوي يبلغ 1.0×10^5 Pa بلغ ارتفاع عمود الزئبق في الأنبوب 760 mm أجب عن الأسئلة التالية لأقرب رقمين عشريين.



(أ) حدد حالة الفراغ الموجود في الجزء العلوي من الأنبوب.

(ب) عند مرور موجة باردة، ينخفض الضغط الجوي ويصبح ارتفاع العمود 745 mm. ما هو الضغط الجوي [pa]؟

(جـ) عند إدخال قدر ضئيل من الغاز من الجزء السفلي للأنبوب انخفض ارتفاع العمود إلى 494 mm. ما هو ضغط الغاز في الأنبوب [pa]؟

الإجابة: .....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. لماذا ينخفض الضغط الجوي كلما زاد الارتفاع عن سطح الأرض؟

(أ) تزداد حجم جزيئات الهواء.

(ب) يحتوي الغلاف الجوي على كمية أقل من الأكسجين.

(جـ) يقل عدد جزيئات الهواء فوق ذلك الموقع.

(د) يختفي بخار الماء.

الإجابة: .....

فكر وتأمل

أكمل:

✓ فكرة واحدة غيرت طريقة تفكيري

.....

✓ تطبيق واحد في الحياة الواقعية اكتشفته

.....

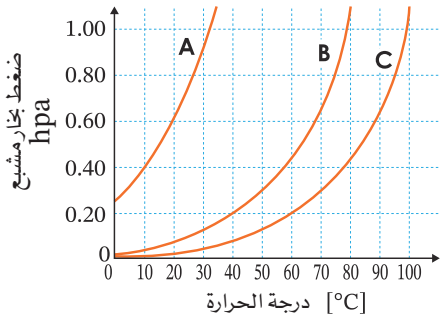
✓ سؤال واحد ما زلت أرغب في استكشافه

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. يوضح الشكل منحنيات ضغط البخار للمواد من A إلى C.

أجب عن الأسئلة التالية.



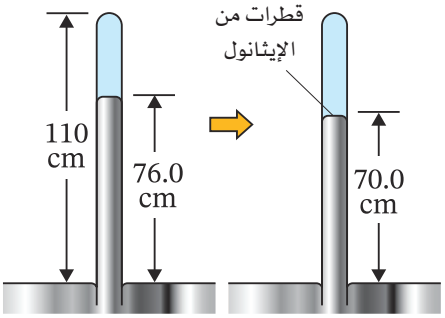
(أ) استنتج من الشكل درجة غليان المادة A عند 1.0×10^5 Pa

(ب) ما درجة غليان الماء عند قمة جبل سيناء (الضغط الجوي 0.75×10^5 Pa)

الإجابة: .....

(جـ) اكتب حرف المادة التي تتمتع بأضعف قوى بين الجزيئية

٣. عند ضغط 1.01×10^5 Pa ودرجة حرارة 25°C، تم ملء أنبوب زجاجي مغلق من أحد طرفيه بالزئبق وقُلب في حوض به زئبق، بحيث يكون 110 cm من الأنبوب فوق سطح الزئبق؛ واستقر عمود الزئبق عند 76.0 cm وعند حقن الإيثانول، يتبخر كله وينخفض العمود، ومع إضافة المزيد من الإيثانول، ينخفض أكثر، عندما تبقى قطرات سائلة من الإيثانول، يستقر العمود عند 70.0 cm ما هو ضغط البخار المشبع للإيثانول عند 25°C مقدرا بوحدة Pa؟ أجب لأقرب رقمين عشريين.



الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣-١ — مخطط الطور

مقدمة

يمكن أن يتواجد الماء على شكل جليد (صلب)، أو ماء سائل، أو بخار ماء (غاز). وتحت ظروف معينة، يمكن أن تتواجد الحالات الثلاث معًا في نفس الوقت. وعند درجات حرارة وضغوط مرتفعة للغاية، يختفي الفرق تمامًا بين السائل والغاز. فكيف يمكن لمادة واحدة أن تتصرف بطرق مختلفة كهذه؟ في هذا الدرس، ستتعلم كيف يستخدم الكيميائيون مخططات الحالة للتنبؤ بحالة المادة وتفسير بعض الخصائص الغريبة للمواد.

سؤال توجيهي: كيف يمكن لمخطط الطور أن يساعدنا في التنبؤ بالحالة الفيزيائية للمادة وتفسيرها تحت ظروف مختلفة؟

تعلم

المفهوم الأساسي: مخطط (الحالة الفيزيائية) للمادة النقية :

تتحدد حالة المادة النقية (صلبة، سائلة، أو غازية) بناءً على ظروف درجة الحرارة والضغط. ومخطط الطور هو تمثيل بياني يوضح الحالة التي تتواجد عليها المادة عند درجة حرارة وضغط معينين.

الفهم البياني لمخطط الحالة الفيزيائية:

ادرس مخطط الطور (الحالة الفيزيائية) ثم أجب عن الأسئلة التالية :

- أي منحنى يفصل بين الحالة السائلة والحالة الغازية؟

الإجابة : .....

- أي منحنى يفصل بين الحالة الصلبة والحالة السائلة؟

الإجابة : .....

- أي منحنى يفصل بين الحالة الصلبة والحالة الغازية؟

الإجابة : .....

ادعم إجاباتك باستخدام الأدلة والبراهين من المخطط.

الإجابة : .....

بنية العلم

حقيقة أساسية:

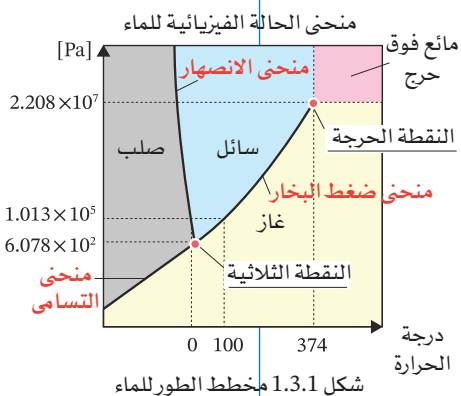
يُظهر مخطط الطور الحالة الفيزيائية (صلبة، سائلة، أو غازية) لمادة نقية عند درجات حرارة وضغوط مختلفة.

المفاهيم الأساسية:

- مخطط الطور لمادة نقية.

١ . المناطق الثلاث والمنحنيات الثلاثة في مخطط الطور:

ينقسم مخطط الحالة (الحالة الفيزيائية) إلى ثلاث مناطق تفصل بينها ثلاث منحنيات، حيث تعبر كل منطقة عن الطور من حالات المادة الثلاث. وعلى طول المنحنيات التي تفصل بين هذه الحالات تتواجد الحالتان المتجاورتان في حالة اتزان ديناميكي عند درجة الحرارة والضغط المحددين:



شكل 1.3.1 مخطط الطور للماء

- **منحنى الانصهار:**

هو الحد الفاصل بين الحالتين الصلبة والسائلة.

- **منحنى ضغط البخار:**

هو الحد الفاصل بين الحالتين السائلة والغازية (البخار).

- **منحنى التسامي:**

هو الحد الفاصل بين الحالتين الصلبة والغازية (البخار).

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تنبأ بحالة المادة:

توجد مادة ما عند نقطة داخل المنطقة السائلة. توقع ما سيحدث في الحالات التالية:

- إذا ارتفعت درجة الحرارة بينما ظل الضغط ثابتًا.

.....

- إذا انخفض الضغط بينما ظلت درجة الحرارة ثابتة.

.....

استخدم مخطط الطور لتبرير إجابتك

.....

٢ . النقاط المهمة في مخطط الطور:

توجد «نقاط» مهمة على مخطط الطور توضح الخصائص الفريدة للمادة.

النقطة الثلاثية:

هى النقطة التي تتقاطع عندها المنحنيات الثلاثة. وعند درجة الحرارة والضغط المحددين لهذه النقطة، تتواجد المادة في الحالات الثلاث (الصلبة، والسائلة، والغازية) معًا في نفس الوقت في حالة اتزان.

النقطة الحرجة والمائع فوق الحرج:

النقطة الحرجة هي نقطة محددة من درجة الحرارة والضغط تقع عند الطرف العلوي لمنحنى ضغط البخار، والتي لا يمكن عندها التمييز بين الحالتين السائلة والغازية.

عند درجات حرارة وضغوط أعلى من هذه النقطة (الظروف فوق الحرجة)، تتواجد المادة في حالة ينعدم فيها الفارق بين السائل والغاز، وتظهر خصائص وسيطة بينهما. وتسمى المادة في هذه الحالة مائعًا فوق حرج.

قراءة مخطط الطور:

الخاصية	ما ترمز إليه
منحنى الانصهار	الحد الفاصل بين الصلب والسائل
منحنى ضغط البخار	الحد الفاصل بين السائل والغاز
منحنى التسامى	الحد الفاصل بين الصلب والغاز
النقطة الثلاثية	تتواجد الحالات الصلبة والسائلة والغازية معًا في حالة اتزان
النقطة الحرجة	تصبح الحالتان السائلة والغازية غيرقابلتين للتمييز

تطبيقات حياتية:

الموائع فوق الحرجة في الصناعة:

تمتلك الموائع فوق الحرجة خاصية مذهلة؛ إذ يمكنها اختراق المسام والفتحات مثل الغاز، ولها قدرة على إذابة المواد مثل السائل.

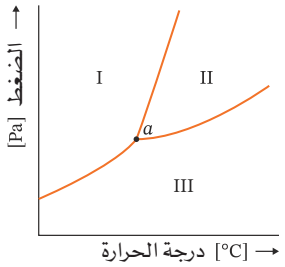
مثال: يُستخدم غاز ثانى أكسيد الكربون فوق الحرج (CO_2) لاستخلاص الكافيين فقط من حبوب القهوة (إزالة الكافيين). تُستخدم هذه التقنية أيضًا عالميًا لاستخلاص مكونات العطور من الياسمين والورد المزروع في مصر دون إتلاف روائحها الذكية الحساسة للحرارة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مثال:

(أ) في المناطق I و II و III، ما هي حالة ثاني أكسيد الكربون على التوالي؟
اختر المجموعة الصحيحة من (أ) إلى (د).

أ. I: غاز	II: سائل	III: صلب
ب. I: صلب	II: غاز	III: سائل
ج. I: صلب	II: سائل	III: غاز
د. I: سائل	II: غاز	III: صلب

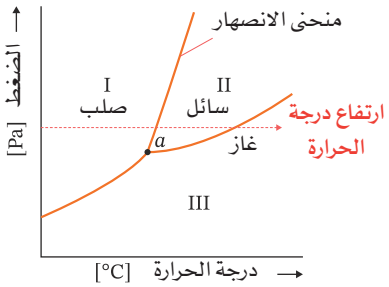


(ب) اكتب اسم تغير الحالة عند الانتقال من المنطقة II إلى المنطقة I.

(جـ) كيف تتغير درجة انصهار ثاني أكسيد الكربون الصلب مع زيادة الضغط؟

(د) ماذا تسمى النقطة (a)؟

الشرح



(أ) افترض أن الحالة تتغير من صلبة إلى سائلة إلى غازية مع ارتفاع درجة الحرارة عند ضغط ثابت.

الإجابة: ج

(ب) إنه تغير في الحالة من سائلة إلى صلبة.

التجمد (التصلب).

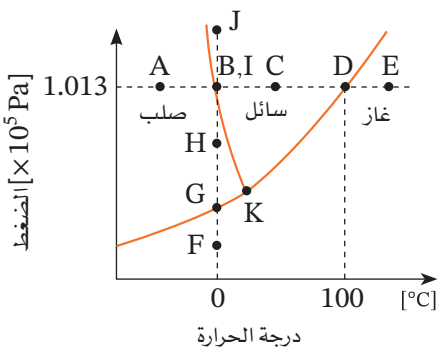
(جـ) درجة الحرارة التي يتحول عندها الجسم الصلب إلى سائل هي درجة الانصهار. ومن منحنى الانصهار الموضح في الشكل، يمكن ملاحظة أنه كلما زاد الضغط، ارتفعت درجة الانصهار.

(د) النقطة الثلاثية.

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

املأ الفراغات من (I) إلى (VIII) بالمصطلحات العلمية المناسبة، مستعينًا بمخطط الطور للماء.



(أ) عند تسخين الماء من A إلى E، يبدأ المادة الصلبة في التحول إلى سائل عند (I) عند 0°C يظل (II) ثابتًا حتى يتحول كل المادة الصلبة إلى سائل، ولكن بعد أن تخضع كل المادة الصلبة لـ (I)، ترتفع درجة الحرارة مرة أخرى وتستمر الحالة السائلة حتى النقطة D.

تُسمى درجة الحرارة عند النقطة D بـ (III)، وتبلغ تلك الدرجة 100°C. إذا استمر التسخين، يظل (II) ثابتًا حتى يتحول كل السائل (IV) إلى (V).

(ب) مع زيادة الضغط من F إلى J، عند G، يبدأ الغاز في تكوين مادة صلبة عن طريق (VI)، وعند H، يتحول كله إلى مادة صلبة، وعند I، تتحول المادة الصلبة (VII) لتشكل سائلًا. في هذه الحالة، تكون كثافة السائل عند النقطة J أكبر من كثافة المادة الصلبة عند النقطة H. علاوة على ذلك، تسمى النقطة K التي تتقاطع عندها المنحنيات (VIII).

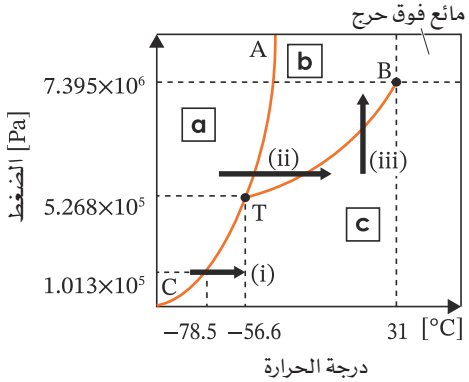
التحديات الكبري

تصميم مسكن على كوكب المريخ سيحتاج رواد الفضاء في المستقبل إلى مصادر موثوقة للمياه. باستخدام معرفتك بمخططات الأطوار، صمم نظامًا يحافظ على الماء في الحالة السائلة على كوكب المريخ. ضع في اعتبارك درجة الحرارة، الضغط. الحلول الهندسية. اعرض تصميمك والشرح العلمي له.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

الشكل يمثل مخطط الاطوار ثانى أكسيد الكربون. استنادًا إلى هذا المخطط، أجب عن الأسئلة التالية.



(أ) ما هي الحالة التي يكون عليها CO_2 في المناطق من (a) إلى (c) على التوالى؟

الإجابة: .....

(ب) ما هي أسماء المنحنيات AT و BT و CT، على التوالى؟

الإجابة: .....

(جـ) ماذا تسمى النقطة T، حيث تتقاطع المنحنيات الثلاثة؟

الإجابة: .....

(د) ماذا يُسمى التغير في الحالة الذي يشير إليه السهم (i)؟

الإجابة: .....

(هـ) اشرح بإيجاز التغير في الحالة الذى يحدث عند رفع درجة الحرارة كما هو موضح في السهم (ii).

الإجابة: .....

(و) ما اسم التغير في الحالة الذى يحدث عند رفع الضغط كما في السهم (iii)؟

الإجابة: .....

(ز) عند درجات حرارة وضغوط أعلى من النقطة B، تصبح الحالات غير قابلة للتمييز. ما اسم النقطة B؟

الإجابة: .....

تحد تفكيرك:

ارسم مسار التغير لمادة تبدأ من الحالة الصلبة.

ارسم مسارًا على مخطط الحالات يؤدى إلى:

١. انصهار **٢.** الغليان **٣.** التكثف **٤.** التجميد

اشرح كل تغير في مخططك

.....

.....

.....

فكر وتأمل

أكمل:

✓ فكرة واحدة غيرت طريقة تفكيرى

.....

✓ تطبيق واحد في الحياة الواقعية اكتشفته

.....

✓ سؤال واحد ما زلت أرغب في استكشافه

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٤-١ — قوانين الغازات

مقدمة

في يوم صيفي حار، قد يبدو إطار الدراجة أكثر صلابة مما كان عليه في صباح بارد، حتى على الرغم من عدم إضافة أو إزالة أي هواء. كيف يمكن أن يؤثر التغير في درجة الحرارة على سلوك الغاز داخل الإطار؟

في هذا الدرس، ستستكشف العلاقة بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة، وكيف يستخدم الكيميائيون القوانين الرياضية للتنبؤ بسلوك الغازات في الحياة اليومية وفي مجال التكنولوجيا.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن للعلاقات الرياضية أن تساعدنا في تفسير سلوك الغازات والتنبؤ به تحت ظروف متغيِّرة؟

الاستكشاف

تأمَّل:

- إطار دراجة متروك تحت الشمس.
- بالون طقس يرتفع عبر الغلاف الجوي.
- وعاء غاز محكم الغلق موضوع في مجمد الثلاجة.

بدون استخدام المعادلات:

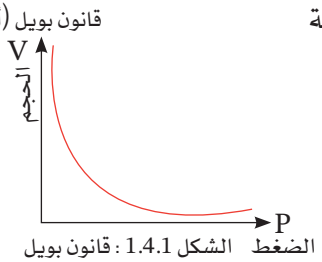
- ما التغيرات التي قد تحدث لكل منها؟ .....
- ما المؤثرات التي تتوقع أن تكون أثرت على كل منها؟ .....

تعلم

قوانين الغازات

(أ) **قانون بويل:** عند ثبات درجة حرارة، يتناسب حجم كمية معينة من الغاز V عكسيًّا مع ضغطه P عند درجة حرارة ثابتة، عندما يتغيَّر غاز ضغطه P_1 وحجمه V_1 ليصبح ضغطه P_2 وحجمه V_2، تنطبق المعادلة التالية:

- $PV =$ ثابت (Constant)
- $P_1V_1 = P_2V_2$



الشكل 1.4.1 : قانون بويل

(ب) **قانون شارل:** عند ثبات الضغط، يتناسب حجم كمية معيَّنة من الغاز V طرديًّا مع درجة حرارته المطلقة T.

- عند ضغط ثابت، عندما تتغير درجة حرارة غاز T_1 وحجمه V_1 لتصبح درجة حرارته T_2 وحجمه V_2، تنطبق عليه المعادلة التالية:

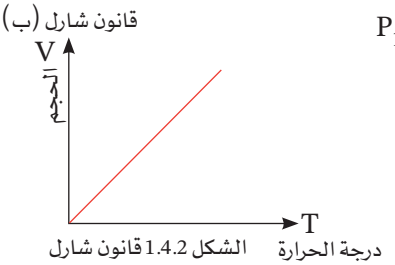
$$\frac{V}{T} = \text{ثابت} \ldots\ldots = \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

(جـ) **قانون الغاز الموحد (قانون بويل-شارل):**

حجم كمية معيَّنة من الغاز V يتناسب عكسيًّا مع ضغطه P وطرديًّا مع درجة حرارته المطلقة T

- عندما تتغيَّر كمية معيَّنة من الغاز له حجم V_1 وضغط P_1 ودرجة حرارة مطلقة T_1 إلى حجم V_2 وضغط P_2 ودرجة حرارة مطلقة T_2، تنطبق المعادلة التالية:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$



الشكل 1.4.2 قانون شارل

بنية العلم

حقيقة أساسية:

- عند درجة حرارة ثابتة، يتناسب حجم الغاز عكسيًّا مع ضغطه. (قانون بويل)
- عند ضغط ثابت، يتناسب حجم الغاز تناسبًا طرديًّا مع درجة حرارته المطلقة (قانون شارل)

التصورات الخطأ

مفهوم خاطئ:

- إذا زاد الضغط، تصبح جزيئات الغاز أصغر.

صحيح

- جزيئات الغاز لا تتقلص. بل تقل المسافة بين الجزيئات.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(د) تطبيق قوانين الغازات:

لإيجاد حجم أو ضغط أو درجة حرارة كمية معيَّنة من الغاز، يُستخدم قانون الغاز. وعند استخدام قوانين الغازات، يجب التعبير عن درجة الحرارة كدرجة حرارة مطلقة [كلفن].

صندوق المعادلات:

القانون	الشرط	العلاقة
قانون بويل	T ثابتة	$P_1V_1 = P_2V_2$ (PV = ثابت)
قانون شارل	P ثابت	$V_1/T_1 = V_2/T_2$ (V/T = ثابت)
قانون الغاز المشترك	—	$P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$ (PV/T = ثابت)

تقدير العلماء

في القرن السابع عشر، درس روبرت بويل بعناية العلاقة بين الضغط والحجم.

أثبتت تجاربه أن القوانين العلمية يمكن أن تنبثق من الملاحظات المنهجية، والقياسات الدقيقة، والتحليل الرياضي.

فكّر كعالم كيمياء:

نادرًا ما يقيس الكيميائيون كل خاصية من خصائص الغاز مباشرة. بدلًا من ذلك، يستخدمون علاقات راسخة للتنبؤ بالكميات غير المعروفة من قياسات معروفة.

عند حل مسألة تتعلق بقوانين الغازات، اسأل نفسك:

- ما هي العوامل التي تتغيَّر؟

.....

- ما هي العوامل التى لم تتغير وتظل ثابتة؟

.....

- ما قانون الغاز الذى يصف الموقف بشكل أفضل؟

.....

تطبيق علمي: تصميم وعاء غاز آمن:

يجب على المهندسين مراعاة التغيُّرات في الضغط ودرجة الحرارة عند تصميم أسطوانات الغاز المستخدمة في المستشفيات والمختبرات والصناعات.

- التصميم غير الآمن قد يؤدي إلى ضغط خطير للغاز.
- تساعد قوانين الغازات في التنبؤ بهذه التغيُّرات وتصميم تقنيات أكثر أمانًا.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) عيِّنة من الغاز لها حجم 200 mL عند ضغط 4.0×10^4 Pa، إذا تغيَّر الحجم إلى 1.0 L عند درجة حرارة ثابتة، فما الضغط الجديد [Pa]؟ (لأقرب رقمين عشريين).

(ب) تشغل عيِّنة من الغاز 60 L عند 27°C وضغط 1.0×10^5 Pa، إذا تغيَّرت درجة الحرارة إلى 87°C والضغط إلى 2.5×10^5 Pa ، فما الحجم الجديد [L]؟ (لأقرب رقمين عشريين)

الشرح

(أ) بما أننا بحاجة لإيجاد ضغط كمية معيَّنة من الغاز، نستخدم قانون الغاز المشترك:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

ليكن P الضغط المطلوب. الضغط قبل التغيُّر 4.0×10^4 Pa ، والحجم $V_1 = 200mL$.

الضغط بعد التغيُّر $P_2 = P$ (Pa)، والحجم $V_2 = 1.0L$.

$$\frac{4.0\times10^4 pa\times0.200\ L}{T_1} = \frac{p[pa]\times1.0L}{T_2}$$

وبما أن درجة الحرارة ثابتة $(T_1 = T_2)$، فإن: $p = 4.0 \times 10^4 \times 0.200\ L = 8.0 \times 10^3$ pa

(ب) بما أننا بحاجة لإيجاد حجم كمية معيَّنة من الغاز، نستخدم قانون الغاز المشترك:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

لتكن V الحجم المطلوب. درجة الحرارة قبل التغيُّر $T_1 = (27 + 273)$ K،

والضغط $P_1 = 1.0 \times 10^5$ Pa والحجم $V_1 = 60$ L

درجة الحرارة بعد التغيُّر $T_2 = (87 + 273)$ K ، والضغط $P_2 = 2.5 \times 10^5$ Pa ،

والحجم $V_2 = V$ L:

$$\frac{1.0\times10^5 pa\times60L}{(27+273)k} = \frac{2.5\times10^5 pa\times V[L]}{(87+273)k}$$

$$\frac{1.0\times10^5 pa\times60L}{300k} = \frac{2.5\times10^5 pa\times V[L]}{360k}$$

$$V = \frac{1.0\times10^5 Pa\times60L\times360k}{300k\times2.5\times10^5 pa}$$

$$= \frac{72}{2.5} = 28.8 \approx 29\ L$$

طبيعة العلم ... تُعد النماذج العلمية مهمة؟

قوانين الغازات لا تصف جزيئات الغاز الفردية. بل تقدم نماذج تساعد العلماء على تفسير وتوقع السلوك الجماعي لملايين الجزيئات.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) عندما يتعرَّض 4.0 L من غاز عند 1.0×10^5 Pa إلى ضغط 2.0×10^5 Pa عند درجة حرارة ثابتة، ما الحجم [L]؟ (لأقرب رقمين عشريين)

الإجابة: .....

(ب) لزيادة حجم 2.00 L من غاز عند 27°C و 2.0×10^5 Pa إلى 2.50 L مع ثبات الضغط، ما درجة الحرارة [°C] اللازمة لذلك؟ (لأقرب عدد صحيح)

الإجابة: .....

(جـ) عندما ترفع درجة حرارة غاز عند 0°C و ضغط 1.0×10^5 Pa إلى 97°C مع ثبات الحجم، ما الضغط [Pa] الناتج؟ (لأقرب رقمين عشريين)

الإجابة: .....

(د) عند خفض درجة حرارة 500 mL من غاز عند 77°C و ضغط 3.0×10^5 Pa إلى 47°C ليصبح حجمه 2.0 L، ما ضغط الغاز الناتج بعد التغيير [Pa] الضغط بالباسكال؟ (لأقرب رقمين عشريين)

الإجابة: .....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. وفقًا لقانون شارل عندما يُبرَّد بالون بينما يبقى الضغط ثابتًا فإن:

(أ) الحجم يزداد.

(ب) الحجم يقل.

(جـ) الضغط يزداد.

(د) عدد المولات يزداد.

الإجابة: .....

٢. قام طالب بحساب حجم غاز باستخدام قانون الغاز ووجد أن الحجم الناتج له قيمة أكبر من الحجم الابتدائي. أى مما يلى يمكن أن يفسِّر هذه النتيجة؟

(أ) زاد الضغط بينما ظلت درجة الحرارة ثابتة.

(ب) زادت درجة الحرارة بينما انخفض الضغط.

(جـ) انخفضت درجة الحرارة بينما زاد الضغط.

(د) انخفض كلٌّ من درجة الحرارة والحجم.

الإجابة: .....

٣. أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) عندما يضغط 5.0 L من غاز ضغطه 1.0×10^5 Pa إلى 1.0 L عند درجة حرارة ثابتة، احسب ضغط الغاز بعد تغير الحجم؟ (لأقرب رقمين عشريين)

.....

فكر وتأمل

أكمل:

✓ فكرة واحدة غيرت طريقة تفكيري

.....

✓ تطبيق واحد في الحياة الواقعية اكتشفته

.....

✓ سؤال واحد ما زلت أرغب في استكشافه

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ب) عند تغير ضغط 320 mL من غاز عند 10°C و ضغط 5.0×10^5 Pa إلى 4.0×10^5 Pa عند درجة حرارة ثابتة، احسب حجم الغاز [mm] بعد تغير الضغط؟ (لأقرب رقمين عشريين)

.....

(جـ) عند رفع درجة حرارة 3.0 L من غاز عند 7°C و 1.0×10^5 Pa إلى 127°C مع ثبات الضغط، احسب حجم الغاز [L] بعد تغير درجة الحرارة؟ (لأقرب رقمين عشريين)

.....

(د) عند زيادة حجم كمية من الغاز عند 7°C من 2.00 L إلى 6.00 L عند ضغط ثابت، احسب درجة حرارة الغاز بعد زيادة الحجم؟ (لأقرب رقم صحيح)

.....

(هـ) عند زيادة درجة حرارة 3.0 L من غاز عند 7°C و 1.5×10^5 Pa إلى 127°C مع ثبات الحجم، احسب ضغط الغاز [Pa] بعد تغير درجة الحرارة؟ (لأقرب رقمين عشريين)

.....

(و) عند رفع ضغط غاز عند درجة حرارة 27°C وضغطه 2.00×10^5 Pa إلى 2.20×10^5 Pa مع ثبات الحجم، احسب درجة الحرارة مقدرا بـ °C بعد زيادة الضغط؟ (لأقرب عدد صحيح)

.....

(ز) عندما يتغيَّر حجم 2.0 L من غاز عند 23°C و ضغط 1.5×10^5 Pa إلى حجم 3.0 L عند 117°C، احسب ضغط الغاز بعد التغيير [Pa]؟ (لأقرب رقمين عشريين)

.....

(ح) عندما تتغير درجة حرارة و ضغط 600 L غاز عند 27°C و 2.00×10^5 Pa إلى 0°C و 9.10×10^5 Pa، احسب حجم الغاز بعد التغيير؟ (لأقرب رقمين عشريين)

.....

تحدَّ تفكيرك:

أطلق بالون من مستوى سطح البحر ووصل إلى ارتفاع يكون فيه الضغط الجوي أقل بكثير من الضغط عند سطح البحر. دون إجراء حسابات:

- توقَّع كيف سيتغيَّر حجم البالون.

.....

- اشرح إجابتك باستخدام نظرية الجسيمات.

.....

- اذكر قانون غاز يدعم تفسيرك بشكل أفضل.

.....

- ارسم مخططًا بسيطًا لتوضيح أفكارك

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٥-١ — معادلة الغاز المثالي

مقدمة

اكتشف كيميائي وعاءً محكم الغلق مملوءًا بغاز مجهول. ومن خلال قياس ضغطه وحجمه ودرجة حرارته وكتلته، يستطيع الكيميائي تحديد خصائص الغاز دون أن يلاحظ جزيئاته مباشرة. لنستكشف كيف يستخدم الكيميائيون القياسات والقوانين الرياضية لكشف أسرار الغازات.

سؤال توجيهي: كيف يمكن لمعادلة واحدة أن تساعد العلماء على تفسير سلوك الغازات والتنبؤ به تحت ظروف مختلفة؟

الاستكشاف

تأمَّل المواقف التالية:

- عجين الخبز يرتفع في الفرن.
- علبة عصير محكمة الغلق تنتفخ عند تركها في سيارة درجة الحرارة بها مرتفعة.
- أسطوانة غاز تُستخدم في الطقس البارد.
- غواص يتنفس هواءً مضغوطًا تحت الماء.

دون استخدام الحسابات:

- ما المتغيرات التي قد تتغيَّر؟ .....
- ما المتغيرات التي قد تبقى ثابتة؟ .....
- ما الملاحظات التي تتوقعها؟ .....

تعلم

قانون الغاز المثالي

العلاقة بين متغيرات حالة الغاز – الضغط (P)، الحجم (V)، درجة الحرارة المطلقة (T)، وكمية المادة (n) – تُدمَج في قانون رياضي واحد يُعرف **بقانون الغاز المثالي**.

يمكن استنتاج ذلك من قانون الغاز المشترك (قانون بويل–شارل).

الخطوة ١: البدء بمول واحد من الغاز

تذكَّر قانون الغاز المشترك (قانون بويل–شارل). لكمية ثابتة من الغاز، الذي ينصُ على أن حاصل ضرب ضغطه وحجمه يتناسب طرديًّا مع درجة حرارته المطلقة.

فإذا اعتبرنا (1 mole) من الغاز، (نُعرِّف الحجم المولي بأنه v [L/mol] والثابت بأنه R. فهذا يؤدى إلى المعادلة التالية:

$$Pv = RT$$

الخطوة ٢: تحديد ثابت الغازات المولي (R)

بغض النظر عن نوع الغاز، يشغل (1 mole) من أي غاز حجمًا (الحجم المولي) قدره 22.4 L/mol في الظروف القياسية (1.013×10^5 Pa ، 273 K = 0°C).

بالتعويض بهذه القيم القياسية في المعادلة السابقة (Pv =RT)، يمكننا حساب الثابت R، الذي يُسمَّى ثابت الغازات المولى.

$$R = \frac{pv}{T} = \frac{1.013 \times 10^5 \text{ pa} \times 22.4 \text{ L/mol}}{273 \text{ k}} = 8.31 \times 10^3 = \frac{\text{Pa.L}}{\text{mol.k}}$$

بنية العلم

حقيقة أساسية:

يجمع قانون الغاز المثالي بين القوانين التي اكتشفها العلماء السابقون في معادلة واحدة تفسر وتتنبأ بسلوك الغاز في ظروف مختلفة.

المفاهيم الأساسية:

- الضغط .
- الحجم .
- الحجم المولي .
- الكتلة المولية .
- الثابت المولي للغاز (R).

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الخطوة ٣: بالزيادة n مول (تكملة قانون الغاز المثالي):

عندما تكون كمية المادة n[mol]، فإن الحجم الكلي V يساوى حاصل ضرب عدد المولات n والحجم المولى v فإن $(V = nv)$ ومنها $(v = V \div n)$ وبالتعويض في الخطوة 1، ثم ضرب الطرفين في n، نحصل على معادلة الغاز المثالي: $PV = nRT$

تطبيق قانون الغاز المثالي وتحديد الكتلة المولية

يمكن استخدام قانون الغاز المثالي لإيجاد الكتلة المولية لغاز مجهول.

إذا كانت كتلة الغاز ω [gm] والكتلة المولية للغاز M [gm/mol] (تساوي عدديًا الكتلة الجزيئية النسبية)، فإن $n = \frac{\omega}{M}$. بالتعويض في قانون الغاز المثالي نحصل على العلاقة التالية:

$$PV = \frac{\omega}{M} RT$$

باستخدام هذه المعادلة، يمكنك حساب الكتلة المولية (M) للغاز من القيم المقاسة تجريبيًا، مثل كتلته وحجمه.

صندوق المعادلات

الكمية	العلاقة
قانون الغاز المثالي (1 mol)	$Pv = RT$
ثابت الغازات المولي	$R = 8.31 \times 10^3$ Pa.L/mol.K
قانون الغاز المثالي (n mol)	$PV = nRT$
قانون الكتلة المولية	$PV = (\omega/M)\ RT$

تطبيق حياتي:

الحرارة وإطارات السيارات: توخَّ الحذر من انفجار إطارات السيارات في الصيف، عندما يكون سطح الأسفلت ساخنًا جدًا. يفسِّر قانون الغاز المثالي، $PV = nRT$، هذا الخطر: مع بقاء كمية الهواء (n) وحجم (V) داخل الإطار ثابتين تقريبًا، فإن الارتفاع السريع في درجة حرارة الهواء (T) من الطريق الساخن يرفع الضغط الداخلي (P) بشكل متناسب.

استخدام الرياضيات في الكيمياء

تطبيق قانون الغاز المثالي:

تحديد الكتلة المولية بالمعادلات العلمية ليست مجرد اختصارات رياضية. وإنها معادلات مبنية على أدلة تجريبية.

تساعد معادلة الغاز المثالي العلماء بما يلي:

- التنبؤ بسلوك الغاز.
- اختبار الفرضيات.
- تحليل البيانات.
- الوصول بالنتائج لشكل كمي.

مثال:

أجب لأقرب رقمين عشريين. افترض أن $R = 8.31 \times 10^3$ Pa.L/(mol.K)

(أ) أجب عما يلي:

(i) احسب كمية الغاز [mol] التي تشغل حجم 8.3 L عند 27°C وضغط 3.0×10^5 Pa.

(ii) احسب الضغط مقدرًا [Pa] الناتج من زيادة حجم 1.0 mol من غاز إلى 24.07 L عند 17°C.

(ب) احسب الكتلة الجزيئية النسبية لغاز كثافته 0.53g/L عند 27°C وضغط 3.0×10^4 Pa.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الشرح

(أ) (i) لتحديد كمية المادة، نستخدم معادلة الغاز المثالي. ولتكن كمية المادة المطلوبة n [mol].

من معادلة الغاز المثالي $PV = nRT$:

$$3.0 \times 10^5 Pa \times 8.3 L = n[mol] \times 8.31 \times 103\ Pa.L\ /(K.mol) \times (27 + 273)K$$

$$n = \frac{3.0 \times 10^5\ pa \times 8.3\ L}{8.3 \times 10^3\ Pa.L/(k.mol) \times (27 + 273)\ k}$$

$$= \frac{\overset{1}{3.0} \times \overset{1}{10^5}\ pa \times \overset{2}{\cancel{8.3}}\ L}{\underset{1}{\cancel{8.3}} \times \underset{1}{\cancel{10^3}}\ Pa.L/(k.mol) \times \underset{1}{\cancel{300}}\ k}$$

$$= 1.0\ mol$$

(ii) بما أن كمية المادة معطاة، فإننا نستخدم معادلة الغاز المثالي. وليكن الضغط المطلوب P [mol]. من معادلة الغاز المثالي $PV = nRT$:

$$P\ [Pa] \times 24.07\ L = 1.0\ mol \times 8.31 \times 10^3\ Pa.L\ /(mol.K) \times (17 + 273)\ K$$

$$P = \frac{1.0\ mol \times 8.3 \times 10^3\ Pa.L/(K.mol) \times (17 + 273)K}{24.07\ L}$$

$$= \frac{1.0\ mol \times 8.3 \times 10^3\ Pa.L/(K.mol) \times 290\ K}{24.07\ L}$$

$$= \frac{\overset{1}{\cancel{24.07}} \times 10^5}{\underset{1}{\cancel{24.07}}} = 1.0 \times 10^5\ Pa$$

(ب) تُحدَّد الكتلة الجزيئية النسبية من الكتلة المولية [g/mol]. ولتكن الكتلة المولية لهذا الغاز M [g/mol]. بما أن الكثافة 0.53 g/L، فإن الكتلة هي 0.53 [g] عندما يكون الحجم 1.0 L لذلك، فكمية مادة هذا الغاز (n) هي $\frac{0.53}{M}$ [mole].

$$\text{كمية المادة بالمول} = (n) = \frac{\text{الكتلة (gm)}}{\text{الكتلة المولية (gm/mol)}}$$

وبما أن كمية المادة (n) فإنه يمكن حسابها، باستخدام معادلة الغاز المثالي $PV = nRT$:

$$3.0 \times 10^4\ Pa \times 1.0\ L = \frac{0.53}{M}\ mol \times 8.31 \times 10^3\ Pa.L\ /(K.mol) \times (27 + 273\ )K$$

$$M = \frac{0.53 \times 8.3 \times 10^3 \times 300}{3.0 \times 10^4 \times 1.0} = 43.99$$

لذلك فإن الكتلة الجزيئية النسبية لهذا الغاز هي $\approx 44\ g/mol$

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. افترض أن $R = 8.31 \times 10^3\ Pa.L/(K.mol)$ و $(O = 16)$

(أ) عندما يتعرض 0.10 mol من غاز لضغط قدره $2.0 \times 10^5\ Pa$ عند 57 °C، كم سيصبح الحجم باللتر؟

(ب) عند وضع 0.32 gm من غاز الأكسجين في وعاء سعته 500mL عندما 27°C فكم يكون الضغط داخل هذا الوعاء بالباسكال؟

٢. أجب لأقرب عدد صحيح. افترض أن $R = 8.31 \times 10^3\ pa.\ L/\ (k.mol)$

(أ) عندما تبخرت مادة متطايرة كتلتها 1.2 gm بالكامل، كان حجمها 1.2 L عند 77°C وضغطها $1.0 \times 10^5\ Pa$ = أوجد الكتلة الجزيئية النسبية لهذه المادة.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

(ب) أوجد الكتلة الجزيئية النسبية لغاز كتلة 7.6 gm لحجم قدره 4.15 L عند 17°C وضغط 2.32×10^5 Pa

(جـ) أوجد الكتلة الجزيئية النسبية لغاز كثافة 2.4 g/L عند 27°C وضغط 1.0×10^5 Pa

تدرب:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. لماذا تكون قيمة R ثابتة لجميع الغازات المثالية؟

(أ) جميع الغازات لها نفس اللون تحت نفس الظروف.

(ب) جميع الغازات لها نفس الكتلة تحت نفس الظروف.

(جـ) جميع الغازات تسلك نفس السلوك تحت نفس الظروف.

(د) جميع الغازات لها نفس الكثافة تحت نفس الظروف.

الإجابة: .....

٢. كيميائي يقيس الكتلة والضغط والحجم ودرجة الحرارة لغاز مجهول ويستخدم قانون الغاز المثالي لحساب الكتلة المولية. أي كمية يجب قياسها بالإضافة إلى P ,V ,T؟

(أ) نصف القطر الذري. (ب) لون الغاز.

(جـ) كتلة عيِّنة الغاز. (د) كثافة الماء.

الإجابة: .....

أجب عن الأسئلة التالية:

٣. افترض أن $R = 8.31 \times 10^3$ Pa.L/(K.mol)

(أ) يوجد 0.10 mol من ثاني أكسيد الكربون في حجم 2.9 L عند 17°C. ما ضغطه [Pa]؟

(ب) عندما يتعرَّض 2.0 mol من الغاز لضغط 2.1×10^5 Pa عند 27°C، ما حجم الغاز [L]؟

(جـ) بزيادة حجم 0.50 mol من الغاز إلى 33.2 L عند 4.0×10^4 Pa، ما درجة الحرارة المطلوبة [°C]؟

(د) ما كمية المادة [mol] التي تشغل حجم 16.6 L من غاز عند 127°C وعند ضغط 2.1×10^5 Pa؟

الإجابة: .....

تحدَّ تفكيرك:

تشغل عيِّنة غازية 2.50 L عند 27°C و ضغط 1.0×10^5 Pa

عند رفع درجة حرارته حتى يتضاعف الضغط بينما يبقى الحجم ثابتًا.

دون إجراء حسابات:

- توقَّع ماذا يحدث لمتوسط الطاقة الحركية لجزيئات الغاز.

.....

- اشرح كيف تتغيَّر تصادمات الجزيئات.

.....

- و ضح إجاباتك باستخدام معادلة الغاز المثالي.

.....

فكر وتأمل

أكمل:

✓ فكرة واحدة غيرت طريقة تفكيري.

.....

✓ تطبيق واحد في الحياة الواقعية اكتشفته.

.....

✓ سؤال واحد ما زلت أرغب في استكشافه.

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٦-١ — الضغط الكلي والضغط الجزئي

مقدمة

تخيَّل غواصًا في أعماق البحر يتنفس خليطًا خاصًا من الغازات، أو رائد فضاء داخل مركبة فضائية محاط بغازات مضبوطة بعناية. ماذا سيشعر كل منهما في كل حالة؟ لنستكشف قانون دالتون وكيف يفسِّر لماذا يزداد ضغط كل غاز في أسطوانة التنفس مع العمق؛ مما يؤثر على سلامة الغواص تحت الماء.

سؤال توجيهي: كيف يمكن لغازات غير مرئية في نفس الحيز ومع ذلك تتصرف كغازات مستقلة؟

الاستكشاف

يستخدم غواص خليطًا من الأكسجين والنيتروجين بدلًا من الأكسجين النقي. لماذا؟

- الأكسجين ضروري للحياة.
- النيتروجين يؤثر على الضغط الكلي.
- تغيير نسبة الغازات يغيِّر تأثيرات الضغط على جسم الغواص.

تعلم

الضغط الكلي والضغط الجزئي

(أ) **الضغط الكلي:** ضغط خليط من الغازات (عدة غازات لا تتفاعل مع بعضها البعض).

(ب) **الضغط الجزئي:** الضغط الناتج عن كل غاز منفردًا عندما يشغل نفس حجم الخليط.

(جـ) **قانون دالتون للضغوط الجزئية:** عند حجم ودرجة حرارة ثابتين، فإن الضغط الكلي لخليط من الغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكوّنة للخليط.

- إذا كان الضغط الكلي لخليط غازي هو P، والضغوط الجزئية لغازاته المكوّنة هي $P_1, P_2, P_3 ...$، فإن المعادلة التالية تنطبق: $P = P_1 + P_2 + P_3 + ...$

التصورات الخطأ:

✗ **فكرة غير صحيحة:** «بعد خلط الغازات، يفقد كل غاز ضغطه الخاص»

✓ **الصحيح:** يحتفظ كل غاز بضغطه الجزئي الخاص ويساهم في الضغط الكلي.

✗ **فكرة غير صحيحة:** «الجزيء الغازي الأكبر هو من يُحدث أعلى ضغط».

✓ **الصحيح:** يعتمد الضغط أساسًا على عدد الجسيمات، وليس على حجم الجزيء.

(د) **الكسر المولي:**

هو نسبة كمية كل غاز [mol] من الغازات المكونة للخليط إلى الكمية الكلية للغازات [mol].

- إذا كانت كمية مادة الغاز A هي n_A [mole] وكمية مادة الغاز B هي n_B [mole]، فإن الكسر المولي للغاز A في خليط من الغازين A وB هو $\frac{n_A}{(n_A + n_B)}$ والكسر المولي للغاز B هو $\frac{n_B}{(n_A + n_B)}$.
- يمكن التعبير عن الضغط الجزئي لكل غاز من الغازات المكونة للخليط الغازي كما يلي:

الضغط الجزئي = الضغط الكلي × الكسر المولي

بنية العلم

حقيقة أساسية:

يمكن التنبؤ بسلوك خليط غازي من خلال تحليل مساهمة كل غاز مكون من خلال نسبة المولية الضغط الجزئي له.

المفاهيم الأساسية:

- الضغط الكلي
- الضغط الجزئي
- الكسر المولي
- مخاليط الغازات
- متوسط الكتلة الجزيئية النسبية
- ضغط البخار
- الضغط الجوي

قانون دالتون للضغوط الجزئية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(هـ) العلاقة بين الضغط الجزئي والحجم وكمية المادة:

- عند درجة حرارة وحجم ثابتين، فإن النسبة بين الضغوط الجزئية للغازات في الخليط تساوي النسبة بين كميات مادتها [mol].
- عند درجة حرارة وضغط ثابتين، عند استخلاص كل غاز من مكونات الخليط الغازي على حدة، فإن النسبة بين حجوم الغازات المكوِّنة للخليط تساوي النسبة بين كميات مادتها [mol].

(و) متوسط الكتلة الجزيئية النسبية:

الكتلة الجزيئية النسبية للخليط الغازي، بفرض أنه يتكوَّن من نوع واحد من الجزيئات، هي متوسط الكتلة الجزيئية النسبية. والتي تساوي (مجموع الكتلة الجزيئية النسبية × الكسر المولي) لمكونات الخليط.

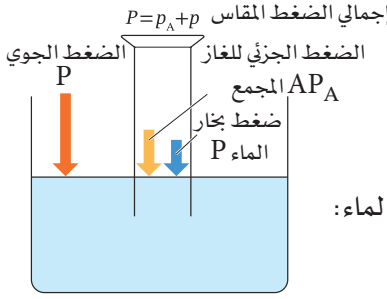
(ز) الضغط الجزئي لغاز مجمع فوق الماء:

الغاز المجمع فوق الماء يختلط ببخار الماء. عندما تتساوى مستويات الماء داخل وخارج وعاء التجميع، فإن الضغط الكلي للغاز المجمع يساوي الضغط الجوي.

كما هو موضَّح في الشكل 1.6.1، عندما يُجمع الغاز A فوق الماء:

الضغط الجوي = الضغط الكلي للغاز المجمع

= الضغط الجزئي للغاز A + ضغط بخار الماء.



شكل 1.6.1 قياس الضغط الجوي

ومن المعادلة السابقة:

الضغط الجزئي للغاز A = الضغط الجوي - ضغط بخار الماء.

صندوق المعادلات:

الكمية	العلاقة
قانون دالتون	$P = P_1 + P_2 + P_3$
الكسر المولي لـ A	$xA = nA / (nA + nB)$
الضغط الجزئي	الضغط الجزئي = الضغط الكلي × الكسر المولي
متوسط الكتلة الجزيئية النسبية	Σ (الكتلة الجزيئية النسبية × الكسر المولي)
غاز مجمع فوق الماء	الضغط الجزئي للغاز = الضغط الجوي - ضغط بخار الماء

اختبار الفرضيات (الاستقصاء العلمي):

الفرضية:

«إذا زادت كمية الغاز داخل وعاء ثابت الحجم، فإن ضغطه الجزئي سيزداد؛ لأن مزيدًا من الجسيمات تصطدم بجدران الوعاء».

المتغيرات:

- المتغير المستقل: .....
- المتغير التابع: .....
- المتغيرات الثابتة (المتحكم بها): .....
- جمع الأدلة: .....

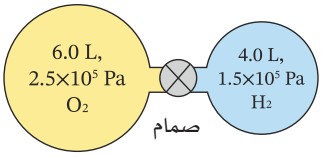
تصميم الاستقصاء (التحقيق العلمي): .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مثال:

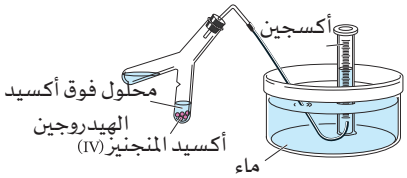
أجب عن الأسئلة التالية.

(أ) وعاء سعته 6.0 L يحتوى على غاز الأكسجين عند ضغط 2.5×10^5 pa، ووعاء سعة 4.0 L يحتوى على غاز الهيدروجين عند ضغط 1.5×10^5 pa، عند نفس درجة الحرارة.



• أوجد الضغط الجزئي للأكسجين والضغط الكلي في الوعاءين عندما يُوصل الوعاءان ببعضهما، ويُفتح الصمام، مع الحفاظ على نفس درجة الحرارة لفترة كافية من الزمن.

(ب) كما هو موضَّح في الشكل المقابل، جُمع غاز الأكسجين فوق الماء، وعندما تساوت مستويات الماء داخل وخارج الأسطوانة المدرَّجة، كان حجمه 0.83 L عند 2.5×10^5 Pa ودرجة حرارة 27°C



أجب عن الأسئلة التالية (لأقرب رقمين عشريين).

بفرض أن ثابت الغازات $R = 8.3 \times 10^3$ Pa.L / (K.mol)

(i) بافتراض أن ضغط البخار المشبع للماء عند 27°C هو 3.0×10^3 Pa، ما الضغط الجزئي للأكسجين المجمع [Pa]؟

(ii) أوجد كمية مادة الأكسجين المجمع.

الشرح

(أ) لحساب الضغط الجزئي للأكسجين، اعتبر الضغط عندما يشغل الأكسجين وحده نفس حجم الخليط الغازي. عندما يُوصل الوعاءان، يصبح حجم الخليط الغازي 10.0 L.

لذلك، إذا كان الضغط الجزئي للأكسجين هو P_A [Pa]، من قانون بويل $P_1V_1 = P_2V_2$:

$$2.5 \times 10^5 \text{ Pa} \times 6.0 \text{ L} = P_A \text{ [Pa]} \times 10.0\text{L}$$

$$P_A = 1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

بالمثل، إذا كان فالضغط الجزئي للهيدروجين هو P_B [Pa]، من قانون بويل:

$$1.5 \times 10^5 \text{ Pa} \times 4.0 \text{ L} = P_B \text{ [Pa]} \times 10.0\text{L}$$

$$P_B = 6.0 \times 10^4 \text{ Pa}$$

بما أن الضغط الكلي في الوعاء هو مجموع الضغطين الجزئيين:

$$P_A \text{ [Pa]} + P_B \text{ [Pa]} = 1.5 \times 10^5 \text{ Pa} + 6.0 \times 10^4 \text{ pa} = 2.1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

لذلك، الضغط الجزئي للأكسجين هو 1.5×10^5 Pa ، والضغط الكلي هو 2.1×10^5 Pa.

(ب) (i) إذا كان الضغط الجزئي للأكسجين هو Px [Pa].

الضغط الجزئي للأكسجين = الضغط الجوي – ضغط بخار الماء:

$$P_x = 1.03 \times 10^5 \text{ Pa} - 3.0 \times 10^3 \text{ Pa} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(ii) من معادلة الغاز المثالي $PV = nRT$:

$$1.0 \times 10^5 \text{ Pa x } 0.83 \text{ L} = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa.L /(K.mol)} \times (27 + 273) \text{ K}$$

$$n = 3.33 \times 10^{-2}$$

$$\approx 3.3 \times 10^{-2}$$

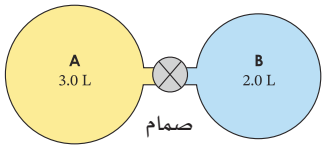
الإجابة: 3.3×10^{-2} mol

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

حاول بنفسك:

كما هو موضَّح في الشكل، عند وضع غاز النيتروجين (كتلته الجزيئية النسبية 28)

عند ضغط 2.0×10^5 Pa في وعاء A سعته 3.0 L، و غاز الهيدروجين (كتلته الجزيئية النسبية 2.0) عند ضغط 1.0×10^5 Pa في وعاء B سعته 2.0 L. عند فتح الصمام لخلط الغازين. مع الحفاظ على درجة الحرارة ثابتة طوال الوقت. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالخليط الغازي بدقة. (لأقرب رقمين عشريين).



(أ) ما الضغط الجزئي للنيتروجين [Pa]؟

الإجابة: .....

(ب) ما الضغط الكلي [Pa]؟

الإجابة: .....

(جـ) ما الكسر المولي لكل غاز؟

الإجابة: .....

(د) ما متوسط الكتلة الجزيئية النسبية للخليط؟

الإجابة: .....

أجب بدقة (لأقرب رقمين عشريين)

عند جمع غاز الهيدروجين فوق الماء، وعندما تساوت مستويات الماء داخل وخارج المخبار المدرَّج، حصلنا على 498 mL من الغاز عند 1.04×10^5 Pa و 27°C.

ما كمية مادة الهيدروجين التي تم جمعها [mol]؟

أجب بدقة (رقمين عشريين). بفرض أن ثابت الغازات $R = 8.3 \times 10^3$ Pa.L/(K.mol)

وأن ضغط بخار الماء عند 27°C هو 4.0×10^3 Pa

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. عينة من غاز الهيدروجين مجمعة فوق الماء. الضغط الجوي 101 kPa وضغط بخار الماء 3 kPa ما الضغط الجزئي للهيدروجين؟

(أ) 98 kPa (ب) 101 kPa (جـ) 104 kPa (د) 3 kPa

الإجابة: .....

٢. يدَّعى طالب أن زيادة كمية النيتروجين في خليط ستزيد الضغط الجزئي للأكسجين. أى عبارة تقيِّم هذا الادِّعاء بشكل أفضل؟

(أ) صحيح؛ لأن جميع الضغوط الجزئية تزداد معًا.

(ب) صحيح؛ لأن الضغط الكلي يبقى ثابتًا لكن الكتلة المولية تزداد.

(جـ) غير صحيح؛ لأن الضغط الجزئي للأكسجين يعتمد على كسره المولي الخاص.

(د) غير صحيح؛ لأن النيتروجين لا يساهم في الضغط.

الإجابة: .....

فكر وتأمل

أكمل:

✓ فكرة واحدة غيرت طريقة تفكيري.

.....

✓ تطبيق واحد في الحياة الواقعية اكتشفته.

.....

✓ سؤال واحد ما زلت أرغب في الاستكشافه.

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣. أجب عن الأسئلة التالية (لأقرب رقمين عشريين).

مع الحفاظ على نفس درجة الحرارة، وُضع الغاز A عند 6.0×10^4 Pa بحجم 250 mL، والغاز B عند 4.0×10^4 Pa بحجم 150 mL في وعاء سعته 500 mL.

(أ) أجب عن الأسئلة التالية:

(i) أوجد الضغط الجزئي للغاز A.

.....

(ii) أوجد الضغط الجزئي للغاز B.

.....

(iii) أوجد الضغط الكلي للخليط الغازي.

.....

(ب) عند درجة حرارة ثابتة، عندما يكون ضغط خليط غازي من 4.8 g من الميثان CH_4 و 2.8 g من أول أكسيد الكربون CO هو 1.0×10^5 Pa ، ما الضغط الجزئي للميثان [Pa]؟

(H = 1.0 , C = 12 , O = 16)

.....

٤. يحضر غاز الأكسجين بإضافة أكسيد المنجنيز (IV) إلى محلول فوق أكسيد الهيدروجين، وجُمع بأسطوانة مدرَّجة فوق الماء تحت ضغط جوي قدره 1.0×10^5 Pa عند 27°C. عندما تساوت مستويات الماء داخل وخارج الأسطوانة المدرَّجة، كان حجم الغاز المجمع 700 mL. أوجد كمية مادة الأكسجين الذي تم تحضيره في هذا الوقت بدقة لأقرب رقمين عشريين. افترض أن ضغط البخار المشبع للماء عند 27°C هو 3.6×10^3 Pa وثابت الغازات هو 8.3×10^3 Pa.L/(K.mol)

.....

فكر بشكل نقدي: يحلِّل عالِم ضغط الهواء من موقعين مختلفين:

الموقع A: منطقة جبلية مرتفعة.

الموقع B: مستوى سطح البحر.

تحتوي العينتان على أكسجين ونيتروجين.

١. إذا كانت نسبة الأكسجين متقاربة تقريبًا في كلا الموقعين، لكن الضغط الكلي مختلف. لماذا يتغيَّر الضغط الجزئي للأكسجين؟

.....

٢. إذا بقيت كمية الأكسجين ثابتة لكن أُضيف نيتروجين، ماذا يحدث لكل من.....؟

- الضغط الكلي.

.....

- الضغط الجزئي للأكسجين.

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٧-١ — الغاز المثالي والغاز الحقيقي

مقدمة

هل لاحظت أنه عند ترك بالون في طقس بارد يصبح أصغر حجما ، لكن عند وضعه في ضوء الشمس يتمدد مرة أخرى. لنستكشف لماذا يتصرف الغاز بداخله بشكل مختلف عندما تتغيَّر درجة الحرارة.

؟ سؤال توجيهي: لماذا يختلف سلوك الغازات الحقيقية عن سلوك الغاز المثالي، وكيف يمكن للعلماء تفسير هذه الاختلافات؟

الاستكشاف

تأمَّل المواقف التالية:

- غاز مخزَّن في أسطوانة غوص عند ضغط مرتفع للغاية.
- نيتروجين سائل يسخن ببطء إلى درجة حرارة الغرفة.
- ثانى أكسيد الكربون تحت ضغط عالٍ في طفاية حريق.
- غاز طبيعى يُنقل عبر أنابيب طويلة.

ناقش:

- هل تتوقع أن تسلك الغازات سلوكًا مثاليًّا في هذه المواقف؟

.....

- أي الظروف قد تسبب اختلافات؟

.....

- ما الدليل الذي يساعدك على اختبار توقعك؟

.....

تعلم

المعادلة $PV = nRT$ في حالة الغاز المثالي، لا تصف جميع الغازات بشكل مثالي. تختلف الغازات الحقيقية في سلوكها عن السلوك المثالي بسبب الحجم المحدود لجزيئاتها وقوى التجاذب بين الجزيئات.

(أ) تعريف الغاز المثالي والغاز الحقيقي:

– **الغاز المثالي:** نموذج افتراضي يُفترض لتبسيط الحسابات.

١. حجم جزيئات الغاز نفسها يساوي صفرًا.

٢. لا توجد قوى تجاذب بين الجزيئات.

– **الغاز الحقيقي:** الغازات الموجودة فعليًّا، مثل الهيدروجين أو النيتروجين.

١. تمتلك الجزيئات حجمًا صغيرًا محدودًا.

٢. يوجد قوى تجاذب (بين جزيئية) بين الجزيئات.

(ب) لماذا تحدث الاختلافات؟

يُقاس انحراف الغاز الحقيقي عن السلوك المثالى بواسطة معامل الانضغاط (Z):

$$Z = \frac{VP}{nRT}$$

بنية العلم

حقيقة أساسية:

الغاز المثالى هو نموذج مبسط تفتقر فيه جزيئات الغاز إلى الحجم ولا تخضع لقوى بين الجزيئات.

المفاهيم الأساسية:

- الغاز المثالي.
- الغاز الحقيقي.
- القوي بين الجزيئات.
- الحجم الجزيئي.
- معامل الانضغاط (Z)

المبادئ العلمية:

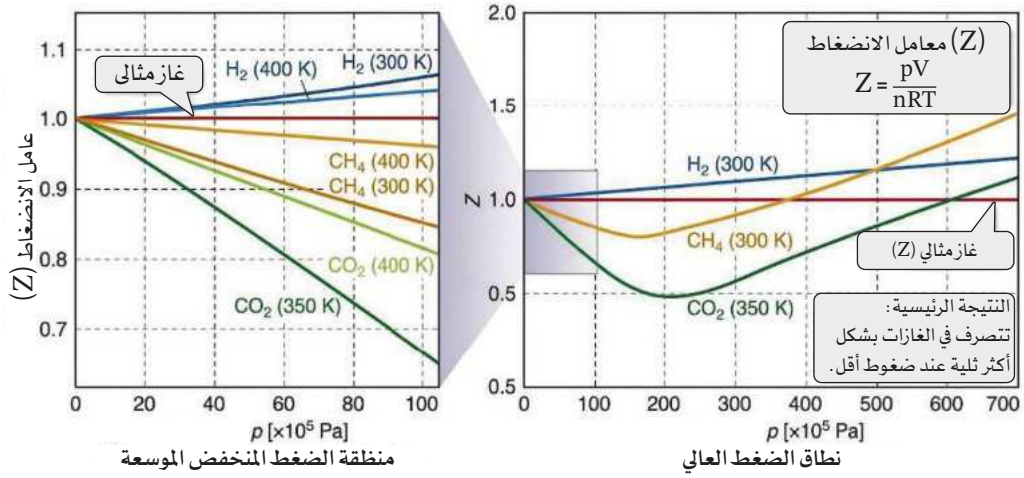
تقل قوى الجذب بين الجزيئات من الضغط الملاحظ؛ ويصبح الحجم الجزيئي المحدود مهمًّا عند الضغوط العالية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

بالنسبة للغاز المثالي، تكون قيمة Z دائمًا مساوية لـ 1. أما بالنسبة للغاز الحقيقي، فتتغيُّر قيمة Z باختلاف **الضغط ودرجة الحرارة**. ويرتبط هذا التغيُّر بعاملين فيزيائيين:

(i) **عندما تؤثر قوى تجاذب بين الجزيئات**، تضعف القوة التى تصطدم بها الجزيئات بجدران الوعاء. ونتيجة لذلك، **يكون الضغط المُلاحَظ P أقل من الضغط المتوقَّع للحالة المثالية.** يبرز هذا التأثير في ظروف **الضغط المعتدل** (حيث تكون الجزيئات أقرب إلى بعضها) ودرجة الحرارة المنخفضة، مما يجعل Z أقل من 1.

(ii) **تأثير الحجم الجزيئى (سبب جعل Z > 1):** عند الضغوط المرتفعة جدًّا، **لم يعد حجم الجزيئات نفسها مهملًا** مقارنة بالحجم الكلي V للغاز. وبما أن الحجم **الحر المتاح للحركة الجزيئية ينخفض فعليًّا**، فيصبح من الصعب ضغط الغاز بشكل أكبر. وبالتالي، يكون الحجم المُلاحَظ V أكبر من القيمة المثالية المحسوبة، وتتجاوز Z قيمة 1 بشكل ملحوظ تحت هذه الظروف.



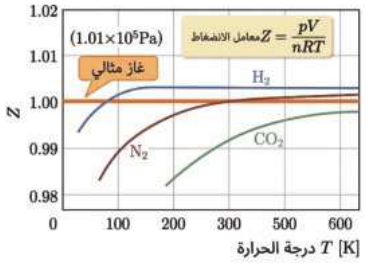
(جـ) الظروف التى تقرِّب سلوك الغاز الحقيقي من السلوك المثالي:

(i) **تأثير الضغط:**

عندما يُضغط غاز حقيقي، فإن زيادة الضغط تؤدي إلى زيادة عدد الجزيئات في وحدة الحجم، وبالتالى تصبح نسبة الحجم الذى تشغله الجزيئات نفسها كبيرة. وبسبب تأثير هذا الحجم الجزيئي، يصبح الحجم الفعلي للغاز أكبر من حجم الغاز المثالي.

عندما ينخفض الضغط، ينخفض عدد الجزيئات في وحدة الحجم. وهذا يقلِّل من تأثير الحجم الجزيئي، مما يجعل الغاز الحقيقى يقترب من السلوك المثالي.

(ii) **تأثير درجة الحرارة:**



عندما تنخفض درجة حرارة غاز حقيقي، تقل الحركة الحرارية لجزيئاته، ويزداد تأثير قوى التجاذب بين الجزيئات.

ويؤدى هذا إلى أن يكون الضغط الفعلى للغاز أقل من ضغط الغاز المثالي.

وعلى العكس، فإن رفع درجة الحرارة يزيد من الطاقة الحركية (الحركة الحرارية) للجزيئات، مما يقلِّل من تأثير القوى بين الجزيئية، ويجعل الغاز الحقيقي يقترب من السلوك المثالي. لذلك، يمكن معاملة الغاز الحقيقي كغاز مثالي في ظروف درجة الحرارة العالية والضغط المنخفض.

مهارات قراءة الرسم البيانى

قراءة الرسم البياني لعامل الانضغاط قبل قراءة الشرح:

- أين تكون قيمة Z تساوي 1؟ .....
- أين تكون قيمة Z أقل 1؟ .....
- أين تكون قيمة Z أكبر 1؟ .....
- أي منطقة تشير إلى قوة أكبر للتجاذب بين الجزيئات؟ .....
- أي منطقة تشير إلى تأثير حجم الجزيء؟ .....
- تحليل الرسم البياني استخدم البيانات من الرسم البيانى لإثبات إجابتك. .....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

فكّر كمهندس:

المهندسون الذين يصممون:

- خزانات الغاز الصناعية.
- أنظمة الغوص في أعماق البحار.
- أنظمة وقود المركبات الفضائية.

لا يمكنهم افتراض أن الغاز يتصرف كغاز مثالي في جميع الظروف. وقد يؤدي تجاهل تأثيرات الغازات الحقيقية إلى تنبؤات غير دقيقة وتصميمات غير آمنة.

لماذا يُعدُّ فهم حدود النماذج العلمية مهمًّا في الهندسة؟

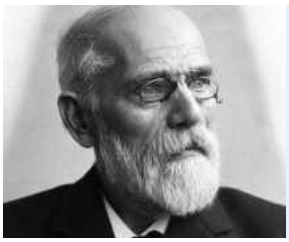
.....

.....

(د) [متقدم] نموذج أكثر دقة: معادلة فاندرفالز للحالة :

طُوِّرت معادلة فاندرفالز للحالة لتفسير انحرافات الغازات الحقيقية عن سلوك الغاز المثالي. حيث تضيف المعادلة معامل تصحيح لقوى التجاذب بين الجزيئات ويرمز لها بالرمز (a)، معامل تصحيح لحجم الجزئ ويرمز له بالرمز (b).

$$(P + a\frac{n^2}{V^2})(V - nb) = nRT$$



تقدير العلماء

بينما استخدم كثير من العلماء نموذج الغاز المثالي بنجاح، أدرك جوهانس ديدريك فاندرفالز أن الغازات الحقيقية تمتلك حجمًا جزيئيًّا وقوى تجاذب بين جزيئية. أدَّى عمله إلى تطوير معادلة حالة أكثر واقعية، وغيّر فهمنا للمادة.

(هـ) الغاز المثالي ومعادلة الغاز المثالي:

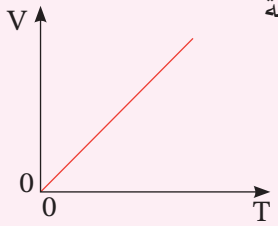
بالنسبة للغاز المثالي، وبما أن المعادلة $PV = nRT$ تطبق على الغاز المثالي، فيمكن تحديد العلاقة بين الضغط والحجم وكمية المادة ودرجة الحرارة.

مثال (١): العلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة عندما يكون ضغط كمية معيَّنة من الغاز ثابتةً في المعادلة $PV = nRT$،

يمكن اعتبار P و n ثابتين.

بحل المعادلة $V = n\frac{R}{P}T$

لذلك، الحجم V يتناسب طرديًّا مع درجة الحرارة T.

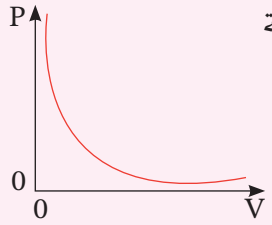


مثال (٢): العلاقة بين الحجم والضغط عندما تكون درجة حرارة كمية معيَّنة من الغاز ثابتة في المعادلة $PV = nRT$،

يمكن اعتبار n و T ثابتين.

بحل المعادلة $V = \frac{nRT}{P}$

لذلك، الحجم V يتناسب عكسيًّا مع الضغط P.



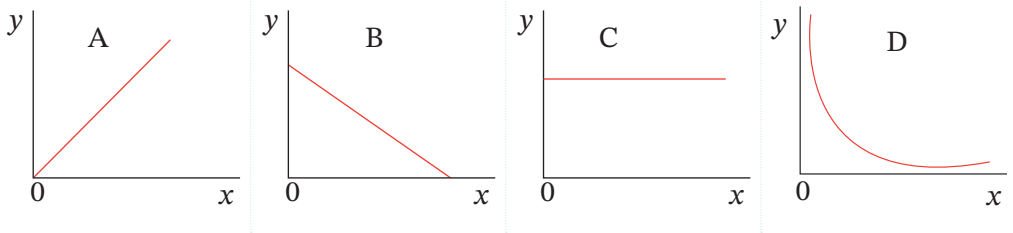
موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

صندوق المعادلات:

الكمية	المعنى
$Z = PV / nRT$	معامل الانضغاط $Z = 1$ للغاز المثالى
$Z < 1$	القوى بين الجزيئات هي المؤثرة (ضغط معتدل، درجة حرارة منخفضة)
$Z > 1$	الحجم الجزيئى هو المؤثر (ضغط مرتفع جدًّا)
فاندرفالز	$(P + n^2a/V^2)(V - nb) = nRT$
الظروف القريبة من المثالية	درجة حرارة عالية وضغط منخفض

مثال:

بالنسبة للغاز المثالي، اختر الرسم البيانى (من A إلى D) الذى يمثِّل كل علاقة من (أ) إلى (ج).



(أ) العلاقة بين الحجم x والضغط y عندما تكون كمية المادة ودرجة حرارة الغاز ثابتتين.

.....

(ب) العلاقة بين كمية المادة x والضغط y عندما تكون درجة الحرارة والحجم ثابتتين.

.....

(جـ) العلاقة بين الضغط x وحاصل ضرب الضغط والحجم y عندما تكون كمية المادة ودرجة حرارة الغاز ثابتتين.

.....

الشرح

بإعادة ترتيب معادلة الغاز المثالى: $PV = nRT$

(أ) بحل معادلة الغاز المثالى للضغط للحصول على معادلة بدلالة y : $P = \frac{nRT}{V}$

عندما تكون كمية المادة ودرجة حرارة الغاز ثابتتين، يكون nRT ثابتًا، لذا يتناسب الضغط P عكسيًّا مع الحجم V. لذلك، الرسم البياني الذي يمثِّل العلاقة بين x و y هو D.

(ب) بحل معادلة الغاز المثالي للضغط: $P = \frac{nRT}{V}$ عندما تكون درجة الحرارة والحجم ثابتتين،

فإن $\frac{RT}{V}$ ثابت، لذا تتناسب كمية المادة n طرديًّا مع الضغط P.

لذلك، الرسم البياني الذي يمثِّل العلاقة بين x و y هو A.

(جـ) عندما تكون كمية المادة ودرجة حرارة الغاز ثابتتين، يبقى الطرف الأيمن من $PV = nRT$ ثابتًا.

والطرف الأيسر PV هو y.

بغضِّ النظر عن قيمة الضغط P، يظل حاصل ضرب الضغط والحجم PV ثابتًا دائمًا، لذا فالرسم البياني الذى يمثِّل العلاقة بين x و y هو C.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي عبارة تصف الغاز المثالي بشكل صحيح:

(أ) جزيئات الغاز لها حجم محدد وقوى تجاذب.

(ب) جزيئات الغاز لها حجم = صفر ولا توجد قوي تجاذب بين جزيئية.

(جـ) جزيئات الغاز لها حجم كبير لكن دون قوي تجاذب.

(د) جزيئات الغاز تشغل نصف حجم الوعاء.

الإجابة: .....

٢. تحت أي الظروف التالية يتصرف الغاز الحقيقي أقرب ما يكون إلي الغاز المثالي

(أ) درجة حرارة منخفضة وضغط مرتفع.

(ب) درجة حرارة مرتفعة وضغط منخفض.

(جـ) درجة حرارة منخفضة وضغط منخفض.

(د) درجة حرارة مرتفعة وضغط مرتفع.

الإجابة: .....

٣. اختر العبارات الصحيحة من (i) إلى (iv) التالية، فيما يتعلق بالغازات المثالية والغازات الحقيقية:

(i) «غاز لا تمتلك فيه الجزيئات أى حجم، وتتحرك بحرية دون وجود قوى بين جزيئية تؤثر عليها» هو غاز حقيقي.

(ii) بالنسبة للغاز الحقيقي، تنطبق معادلة الغاز المثالي بدقة تامة عند أي درجة حرارة وحجم وضغط.

(iii) مع ارتفاع درجة الحرارة، يصبح انحراف الغاز الحقيقي عن الغاز المثالي أقل.

(iv) عند مقارنة الهيدروجين عند 300 K و 1.0×10^5 Pa بالهيدروجين عند 350 K و 4.0×10^4 Pa، يكون الهيدروجين عند 300 K و 1.0×10^5 Pa أقرب إلي الغاز المثالي.

تدرب:

أجب عن الأسئلة التالية:

بالنسبة للغاز المثالي، اختر الرسم البيانى (من A إلى E) الذى يمثِّل كل علاقة من (أ) إلى (هـ).

يمكنك اختيار نفس الحرف عدة مرات:

(أ) العلاقة بين كمية المادة x وحجم الغاز y عندما تكون درجة الحرارة والضغط ثابتين.

(ب) العلاقة بين درجة الحرارة المطلقة x وحجم الغاز y عندما تكون كمية المادة والضغط ثابتين.

(جـ) العلاقة بين درجة الحرارة المطلقة x وضغط الغاز y عندما تكون كمية المادة والحجم ثابتين.

طبيعة العلم

المعرفة العلمية تتطور بمرور الوقت.

وعندما لم يعد من الممكن تفسير الملاحظات تفسيرًا كاملًا بواسطة نموذج الغاز المثالي، طور العلماء نماذج مطورة مثل معادلة فاندرفالز.

فكر وتأمل

أكمل:

✓ فكرة واحدة غيرت طريقة تفكيرى

.....

✓ تطبيق واحد في الحياة الواقعية اكتشفته

.....

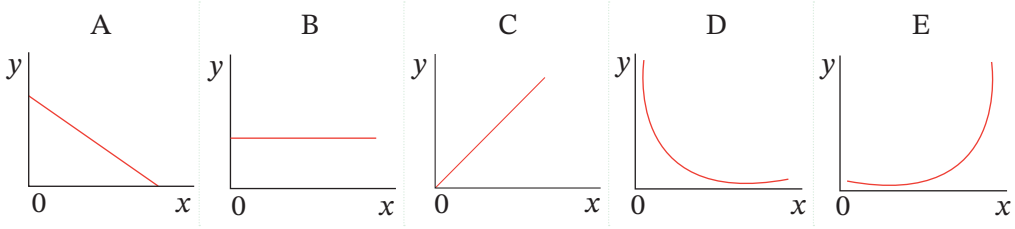
✓ سؤال واحد ما زلت أرغب في الاستكشافه

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(د) العلاقة بين الضغط x وحجم الغاز y عندما تكون كمية المادة ودرجة الحرارة ثابتتين.

(هـ) العلاقة بين الضغط x وحاصل ضرب الضغط والحجم y عندما تكون كمية المادة ودرجة الحرارة ثابتتين.



تحدَّ تفكيرك:

غاز حقيقي تم ضغطه ضغط مرتفع بينما ظلت درجة حرارته مرتفعة:

تنبأ:

- هل سيتصرف الغاز بشكل أقرب للمثالية أم أبعد عنها؟

.....

- **أي عامل من المرجَّح أن يؤثر:** القوى بين الجزيئات أم الحجم الجزيئي؟

.....

- هل من المرجَّح أن تكون Z أكبر من 1، أم أقل من 1، أم تساو 1؟

.....

فسر إجابتك: باستخدام التفكير في مستوى الجسيمات والأدلة من الدرس.

.....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٨-١ – خصائص المحاليل

مقدمة

عِنْدَ رَجِّ طالب زجاجة تحتوي على ماء وزيت طهي بقوة لفترة قصيرة يبدو السائلان ممتزجين، لكن بعد بضع دقائق تنفصل مرة أخرى. يفترض كثير من الناس أن الرج لفترة أطول سيبقيهما ممتزجين.

لنستكشف كيف تذوب المواد، وما العوامل التي تحدِّد ما إذا كانت ستبقى ذائبة أو تنفصل عن المحلول.

سؤال توجيهي: لماذا تذوب بعض المواد بسهولة بينما لا تذوب أخرى؟ وكيف يمكن للعلماء التنبؤ بالذوبانية والتحكم فيها؟

الاستكشاف

توقَّع قبل أن تتعلَّم

دون إجراء تجربة، توقّع ماذا سيحدث إذا أضفت المواد التالية إلى الماء:

- ملح الطعام
- السكر
- الزيت النباتي
- شمع البرافين

لكل مادة:

- هل ستذوب؟ .....
- لماذا تعتقد ذلك؟ .....
- ما دليلك على توقعك؟ .....

تعلم

١. الذوبان

(أ) **الذوبان:** هي ظاهرة انتشار مادة بشكل متجانس في مذيب.

(ب) **البلورات الأيونية والذوبان:**

البلورات الأيونية تذوب بسهولة في الماء وتكون غير قابلة للذوبان إلى حد كبير في المذيبات غير القطبية.

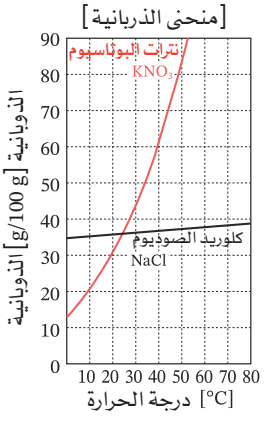
(جـ) **القطبية والذوبان:** المواد ذات القطبية المتشابهة تميل إلى الذوبان في بعضها البعض.

- الجزيئات القطبية تذوب بسهولة في المذيبات القطبية (لأن الشحنات الموجبة والسالبة تتجاذب مع بعضها).
- الجزيئات غير القطبية تذوب بسهولة في المذيبات غير القطبية.
- المواد المكوَّنة من جزيئات قطبية وجزيئات غير قطبية لا تذوب بسهولة في بعضها البعض.

(د) **الذوبانية:**

هي أقصى كمية من المذاب التي تذوب في كمية معيَّنة من المذيب. وفي حالة المواد الصلبة، غالبًا ما يُعبَّر عنها بالكتلة القصوى للمذاب التي تذوب في 100 gm من المذيب.

(هـ) **منحنى الذوبانية:** منحنى يوضح العلاقة بين الذوبانية والتغير في درجة الحرارة (الشكل 1.8.1).



الشكل 1.8.1 : منحنى الذوبانية

(و) **إعادة التبلور:**

استخلاص (ترسيب) مادة مذابة على شكل بلورات صلبة بالاعتماد على اختلاف الذوبانية الناتج باختلاف درجة الحرارة.

بنية العلم

حقيقة أساسية:

- تعتمد قابلية ذوبان أي مادة على طبيعة المادة المذابة والمذيب.
- المواد ذات القطبية المتشابهة تميل إلى الذوبان في بعضها البعض.

المفاهيم الأساسية:

- الذوبان
- القابلية للذوبان
- المذيب والمذاب
- القطبية
- البلورات الأيونية
- التركيز
- المولارية
- المولالية
- إعادة التبلور

القانون العلمي:

قانون هنري قابلية الغاز للذوبان $\propto$ ضغط الغاز

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. التركيز

(أ) النسبة المئوية الكتلية (بالكتلة):

تعبِّر عن التركيز بنسبة كتلة المذاب إلى كتلة المحلول.

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة } (\%) = \frac{\text{كتلة المذاب g}}{\text{كتلة المحلول g}} \times 100$$

(ب) المولارية (التركيز المولاري):

تعبر عن التركيز بكمية المادة المذابة (بالمول mol) في لتر (1L) من المحلول.

$$\text{المولارية } [\text{mol/L}] = \frac{\text{كمية المادة المذابة (Mole)}}{\text{حجم المحلول (Liter)}}$$

(جـ) المولالية (التركيز المولالي):

يعبَّر عن التركيز بكمية المادة المذابة (mole) المذاب في 1 كجم (1 kg) من المذيب.

$$\text{المولالية } [\text{Mol/Kg}] = \frac{\text{كمية المادة المذابة (Mol)}}{\text{كتلة المحلول (Kg)}}$$

مثال: مولالية محلول مائي يذوب فيه 2.0 g من هيدروكسيد الصوديوم في 23.0 g من الماء

(NaOH = 40)

$$\text{كمية هيدروكسيد الصوديوم المذابة} = \frac{2.0\text{ g}}{40\text{ g/mol}} = 0.050\text{ mol}$$

بما أن كتلة الماء = 23.0 g = 0.023 Kg، فإن المولالية $= \frac{0.050\text{ mol}}{0.023\text{ Kg}} = 2.17 \approx 2.2\text{ mol/Kg}$

٣. ذوبانية الغازات

قانون هنري:

عند ثبات درجة الحرارة، تتناسب كمية وكتلة الغاز الذي يذوب في كمية معيّنة من المذيب تناسبًا طرديًّا مع ضغط الغاز.

- عند دراسة ذوبانية الغاز، يُستخدم قانون هنري.

صندوق المعادلات

التركيز	التعريف
النسبة المئوية بالكتلة [%]	(كتلة المذاب / كتلة المحلول) × 100
المولارية [Mol/L]	كمية المذاب [Mole] / حجم المحلول [Liter]
المولالية [Mol/Kg]	كمية المذاب [Mole] / كتلة المذيب [Kg]
قانون هنري	الكمية الذائبة (gram or Mole) ∝ ضغط الغاز

الكيمياء في حياتنا اليومية:

لماذا تفور المشروبات الغازية؟

تحتوي المشروبات الغازية على ثاني أكسيد الكربون المذاب تحت ضغط مرتفع.

عند فتح الزجاجة:

- ينخفض الضغط.
- تنخفض ذوبانية الغاز.
- يخرج ثاني أكسيد الكربون على شكل فقاعات.

هذا تطبيق مباشر لقانون هنري.

ثاني أكسيد الكربون تحت ضغط مرتفع
كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون مذابة في الصودا
جزيئات الغاز
كولا
يذوب عدد أكبر من جزيئات الغاز
تحرير الضغط
فقاعات ثاني أكسيد الكربون تتصاعد خارج المحلول
غاز بضغط منخفض
يذوب عدد أقل من جزيئات الغاز
كولا

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

تقدير العلماء

اكتشف ويليام هنري علاقة مهمة بين ضغط الغاز وذوبانيته ولا يزال عمله يؤثر على العلوم البيئية والطب والصناعة حتى اليوم.

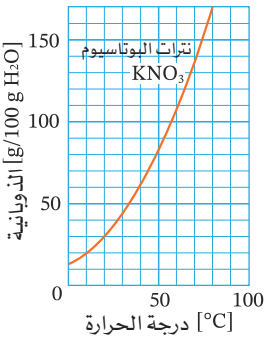
مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اختر مما يلي المواد التي تذوب في الماء ولا تذوب إلى حد كبير في الهكسان:

١. النفثالين ٢. الجلوكوز ٣. كلوريد البوتاسيوم.

(ب) الشكل المقابل يعبر عن الذوبانية لنترات البوتاسيوم KNO_3.



أجب عن الأسئلة التالية:

(i) عندما يُبرَّد محلول مائي مشبع بنترات البوتاسيوم في 50 g من الماء عند 50°C إلى 20°C، كم جرامًا من البلورات ستترسب؟

(ii) عندما يُبرَّد 100 g من محلول مائي مشبع بنترات البوتاسيوم عند 60°C إلى 20°C، كم جرامًا من البلورات ستترسب؟

(جـ) عند درجة حرارة 20°C وضغط 1.0×10^5 Pa، يذوب 125 mL من الأكسجين في 1.0 L من الماء، علمًا بأن حجم الغاز محسوبًا عند درجة حرارة 0°C و ضغط 1.0×10^5 Pa ما كتلة الأكسجين (gm) التي تذوب في 1.5 L من الماء عند درجة حرارة 20°C و ضغط 2.0×10^5 Pa؟

بفرض أن حجم 1 mole من الغاز عند 0°C و 1.0×10^5 Pa هو 22.4 L (O = 16).

الشرح

(أ) الماء مذيب قطبي، والهكسان مذيب غير قطبي.

١. بما أن النفثالين جزيء غير قطبي، فهو غير قابل للذوبان إلى حد كبير في الماء ويذوب بسهولة في الهكسان.

٢. بما أن الجلوكوز جزيء قطبي، فهو يذوب بسهولة في الماء وغير قابل للذوبان إلى حد كبير في الهكسان.

٣. بما أن كلوريد البوتاسيوم بلورة أيونية، فهو يذوب بسهولة في الماء وغير قابل للذوبان إلى حد كبير في الهكسان.

الإجابة هي 2 و3.

(ب) (i) من الشكل، يذوب 84 g من نترات البوتاسيوم في 100 g من الماء عند 50°C، لذا يذوب 42 g في 50 g من الماء.

كذلك، يذوب 30 g في 100g من الماء عند 20°C، لذا يذوب 15g في 50g من الماء. لذلك، كتلة البلورات التي تترسب هي: $42 - 15 = 27$ g

(ii) من الشكل، 108 g من نترات البوتاسيوم تذوب في 100 g من الماء عند 60°C ليكون محلولًا مشبعًا.

كتلة هذا المحلول هي: $100\text{g} + 108\text{g} = 208\text{g}$

عندما يُبرَّد هذا المحلول إلى 20°C، تكون كتلة الراسب: $108\text{ g} - 30\text{ g} = 78$ g

كن مواطنًا عالميًا

إن فهم الذوبان يساعد في مواجهة التحديات العالمية مثل تنقية المياه، وحماية المحيطات، والزراعة المستدامة، والحد من التلوث. توفر الكيمياء الأدوات اللازمة لاتخاذ قرارات مستنيرة بشأن الموارد وإدارة البيئة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

بفرض أن (x) هي كتلة الراسب المتكوّن من 100 g من المحلول المشبع. يمكننا استخدام النسبة كالتالي:

$$100\ g : X\ [g] = 208\ g : 78\ g$$

الإجابة: $X = 37.5 \approx 38\ g$

(جـ) بما أن الضغط والحجم فقط للغاز الذائب معلومان، احسب أولًا عدد مولات الغاز لتطبيق قانون هنري.

عند 20°C و 1.0×10^5 Pa ، يشغل 1 mole من الغاز 22.4 L. بفرض أن x عدد مولات 125 mL (0.125) من الأكسجين:

$$1\ mole : 22.4\ L = x[mol] : 0.125\ L$$

$$X = 5.580 \times 10^{-3} \approx 5.58 \times 10^{-3}\ mol$$

وفقًا لقانون هنري، عند ثبات درجة الحرارة تتناسب ذوبانية الغاز طرديًا مع ضغطه الجزئي.
لتكن y عدد مولات الأكسجين الذائبة في 1.0 L من الماء عند 20 °C و 2.0×10^5 Pa:

$$1.0 \times 10^5\ Pa : 5.58 \times 10^{-3}\ mol = 2.0 \times 10^5\ Pa : y[mole]$$

$$Y = 1.11 \times 10^{-2}\ mol$$

بفرض أن z عدد مولات الأكسجين الذائبة في 1.5 L من الماء:

$$1.0\ L : 1.11 \times 10^{-2}\ mol = 1.5\ L : z\ [mole]$$

$$Z = 1.66 \times 1 \times 0^{-2}\ mole$$

لذلك، كتلة الأكسجين المطلوبة هي:

$$1.66 \times 10^{-2}\ mol \times 32\ g/mol = 0.531\ g \approx 0.53\ g$$

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. يذوب الجلوكوز بسهولة في الماء لكنه غير قابل للذوبان إلى حد كبير في الهكسان. أي مما يلي يفسر شكل بشكل أفضل؟

(أ) الجلوكوز والماء غير قطبيين.

(ب) الماء والجلوكوز لهما قطبية متشابهة.

(جـ) الهكسان والماء يكوّنان مذيبًا أيونيًا.

(د) الماء يحتوي على أيونات.

الإجابة: .....

٢. عندما برَّد طالب محلولًا مشبعًا بنترات البوتاسيوم لاحظ تكوُّن بلورات. أي مما يلي يعبر عن العملية التي تحدث؟

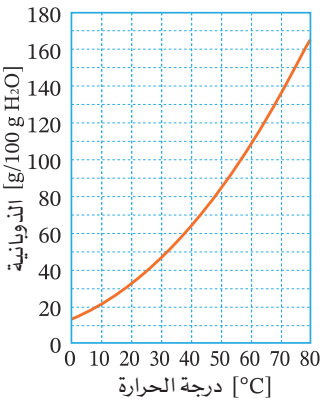
(أ) تعادل (ب) تسامٍ (جـ) إعادة تبلور (د) تأيُّن

الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣. أجب عن الأسئلة التالية:

يوضِّح الشكل المقابل العلاقة بين ذوبانية نترات البوتاسيوم KNO_3 ودرجة الحرارة.



أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) كم جرامًا من نترات البوتاسيوم يمكن أن يذوب في 500 g من الماء عند 50 °C؟ (أجب لأقرب رقمين عشريين)

.....

(ب) عندما يُبرَّد محلولًا يحتوي على 80 g من نترات البوتاسيوم المذابة في 100 g من الماء عند 60°C إلى 20°C كم جرامًا من بلورات نترات البوتاسيوم يمكن الحصول عليها؟

(أجب لأقرب رقمين عشريين)

.....

(جـ) عندما يُبرَّد محلول يحتوي على 10 g من لنترات البوتاسيوم المذابة في 50 g من الماء عند 30 °C، عند أي درجة حرارة تبدأ البلورات بالترسيب؟

.....

(د) عندما يُبرَّد 100 g من محلول مشبع لنترات البوتاسيوم عند 50 °C إلى 20 °C، كم جرامًا من بلورات نترات البوتاسيوم يمكن الحصول عليها؟ (أجب لأقرب رقمين عشريين)

.....

استقصاء تجريبي:

أي المواد التالية تذوب بدرجة أكبر في الماء، وأي مادة تذوب بدرجة أكبر في مذيب غير قطبي؟

المواد:

- ماء
- زيت نباتي
- ملح
- سكر
- برادة شمع الشموع

.....

تدرب:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. من (i) إلى (iii)، اختر جميع المواد التي تذوب في الهكسان ولا تذوب في الماء.

(i) نترات البوتاسيوم

(ii) كلوريد الهيدروجين

(iii) النفثالين

الإجابة: .....

فكر وتأمل

أكمل:

✓ فكرة واحدة غيرت طريقة تفكيري.

.....

✓ تطبيق واحد في الحياة الواقعية اكتشفته.

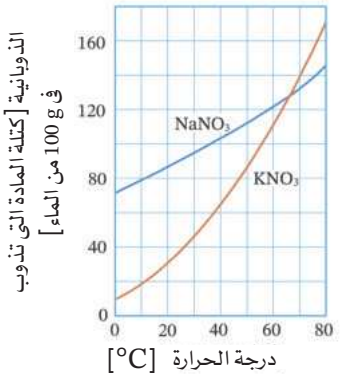
.....

✓ سؤال واحد ما زلت أرغب في الاستكشافه.

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. يوضّح الشكل العلاقة بين ذوبانية KNO_3 و $NaNO_3$ و درجة الحرارة:



(أ) كم جرامًا من نترات البوتاسيوم تلزم لتشبع 50 g من الماء عند 70 °C؟

(أجب لأقرب رقمين عشريين)

.....

(ب) عندما يُبرَّد محلول من (أ) إلى 20 °C، كم جرامًا من نترات البوتاسيوم ستترسب؟

(أجب لأقرب رقمين عشريين)

.....

(جـ) أُذيب 50 g من نترات الصوديوم و20 g من نترات البوتاسيوم في 50 g من الماء عند 80 °C. عندما يُبرَّد هذا المحلول، أي المادتين تترسب أولًا؟ (أجب بصيغتها الكيميائية)

الإجابة: .....

تحدَّ تفكيرك:

يهبط غواص إلى عمق كبير حيث يكون الضغط أعلى بكثير منه عند السطح.

دون إجراء حسابات:

- توقَّع ماذا يحدث لكمية النيتروجين الذائبة في دم الغواص.

.....

- توقَّع ما قد يحدث إذا صعد الغواص بسرعة كبيرة.

.....

- اشرح تفسيرك باستخدام قانون هنري.

.....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٩-١ — ارتفاع درجة الغليان وانخفاض درجة التجمد

مقدمة:

خلال فصل الشتاء، قد تتجمد البحيرات في المناطق الباردة بينما تبقى مياه البحر القريبة سائلة عند نفس درجة الحرارة. كلاهما يحتوي على الماء، ومع ذلك يتصرفان بشكل مختلف. اكتشف العلماء أن المواد المذابة يمكن أن تغيّر درجات الحرارة التي تتجمد وتغلي عندها السوائل – بما لها من نتائج مهمة على المحيطات والمناخ وحفظ الأغذية والعديد من العمليات الصناعية.

سؤال توجيهي: كيف يمكن للجسيمات المذابة أن تغيّر درجة الحرارة التي يغلى أو يتجمد عندها السائل؟

الاستكشاف

تخيَّل إضافة كميات متزايدة من الملح إلى الماء. و توقّع ما سيحدث لكل من:

- درجة الغليان.
- درجة التجمد.
- الضغط البخاري.

اشرح تفكيرك قبل النظر إلى الرسوم البيانية.

.....

تعلم

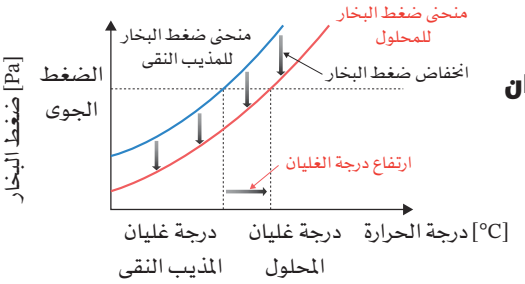
١. انخفاض الضغط البخارى وارتفاع درجة الغليان

(أ) انخفاض الضغط البخارى:

الضغط البخاري لمحلول مادة غير متطايرة أقل من الضغط البخاري للمذيب النقى.

السبب:

لأن جسيمات المذاب الموجودة على سطح السائل تعيق تبخر جزيئات المذيب.



شكل 1.9.1 : مخطط انخفاض الضغط البخاري

(ب) ارتفاع درجة الغليان:

درجة غليان محلول مادة غيرمتطايرة أعلى من درجة غليان المذيب النقي.

(جـ) ثابت ارتفاع درجة الغليان المولالي:

مقدار ارتفاع درجة الغليان عندما تكون مولالية المحلول 1mol/Kg. يُرمز له بالرمز K_b.

فكّر كعالم كيميائى:

يريد أحد الكيميائيين الحصول على بلورات نقية من مادة مذابة وبدلاً من تبخير كل المذيب، قام الكيميائي بتبريد المحلول.

فكر:

لماذا يمكن أن يكون التبريد طريقة تنقية فعّالة؟

.....

اربط إجابتك بمفهومي الذوبانية والتبلور.

.....

بنية العلم

حقيقة أساسية:

يعتمد ارتفاع درجة الغليان وانخفاض درجة التجمد على عدد الجسيمات المذابة في المحلول، وليس نوع المذاب.

المفاهيم الأساسية:

- ارتفاع درجة الغليان
- انخفاض درجة التجمد
- التبريد الفائق
- المذاب غير المتطاير
- منحنى التبريد.

القانون العلمى:

ارتفاع درجة الغليان

$\Delta t = K_b m$

انخفاض درجة التجمد

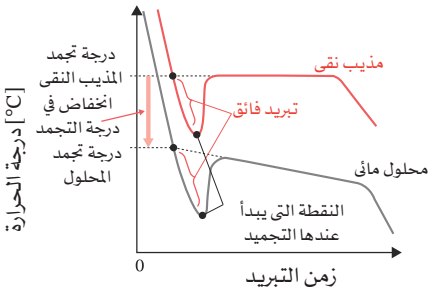
$\Delta t = K_f m$

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٢. انخفاض درجة التجمد

(أ) منحنى التبريد:

يوضح الرسم البياني... العلاقة بين درجة حرارة مادة ما وزمن التبريد.



شكل 1.9.2 : منحنى التبريد

(ب) درجة التجمد:

هى درجة الحرارة التي يبدأ عندها المذيب فى محلول ما بالتجمد.

(جـ) انخفاض درجة التجمد:

الظاهرة التي تصبح فيها درجة تجمد محلول مادة غير متطايرة أقل من درجة تجمد المذيب النقي.

(د) ثابت انخفاض درجة التجمد المولالي:

هو مقدار انخفاض درجة تجمد محلول تركيزه المولالى 1 mol/ Kg يرمز له بالرمز K_f.

(هـ) التبريد الفائق (super-cooling): هي ظاهرة انخفاض درجة حرارة المذيب السائل لأقل من درجة تجمده بينما يبقى في حالة سائلة أثناء التبريد.

- عند بدء التجمد في حالة التبريد الفائق، ترتفع درجة الحرارة [°C].
- يُظهر منحنى تبريد المحلول أن درجة الحرارة تستمر بالانخفاض حتى مع استمرار التجمد.

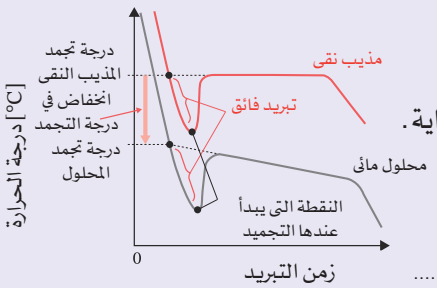
السبب: لأن المذيب فقط هو الذي يتجمد، يزداد تركيز المحلول، ويصبح انخفاض درجة التجمد أكبر.

عند حدوث التبريد الفائق، تُؤخذ درجة التجمد على أنها درجة الحرارة عند النقطة التي يتقاطع فيها الخط الأفقي المستوي (عند امتداده لليسار) مع منحنى التبريد الأصلي.

فكّر كعالم كيميائى:

مهارات قراءة الرسوم البيانية

افحص الرسم البياني الخاص بانخفاض درجة التجمد بعناية.



حدد:

- أين يحدث التبريد الفائق؟

.....

- أين يبدأ التجمد؟

.....

- درجة التجمد الفعلية.

.....

- الدليل على حدوث التجمد.

.....

اشرح:

لماذا ترتفع درجة الحرارة قليلًا بعد التبريد الفائق؟

.....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٣. مقدار ارتفاع درجة الغليان وانخفاض درجة التجمد:

(أ) مقدار ارتفاع درجة الغليان وانخفاض درجة التجمد:

(i) لا يعتمد على نوع المذاب.

(ii) **يتناسب طرديًا** مع مولالية المحلول.

ملاحظة: عندما يكون المذاب إلكتروليتًا، تُعتبر مولالية المحلول **متناسبة طرديًا** مع عدد الجسيمات (الأيونات) في المحلول.

مثال: كلوريد الصوديوم NaCl يتأين في محلوله المائي إلى Na^+ و Cl^-، فيتضاعف عدد الجسيمات (الأيونات) في المحلول. ⟸ تُعتبر مولالية المحلول قد تضاعفت.

(ب) مقدار ثابت ارتفاع درجة الغليان لمحلول مولالي وثابت انخفاض درجة التجمد لمحلول مولالي:

(i) نوع المذيب هو الذي يحدد قيم الثوابت، بغض النظر عن نوع المذاب.

(ii) تُستخدم كثابت تناسب K يربط بين مقدار ارتفاع درجة الغليان أو انخفاض درجة التجمد والمولالية.

- عندما تكون مولالية المحلول m [mol/Kg] ومقدار ارتفاع درجة الغليان أو انخفاض درجة التجمد Δt.

فإن: $\Delta t = K.m$

K هو ثابت ارتفاع درجة الغليان المولالية K_b أو ثابت انخفاض درجة التجمد المولالى K_f.

(m: مولالية الجزيئات والأيونات المذابة).

صندوق المعادلات

الكمية	التعريف
ارتفاع درجة الغليان	$\Delta t = K_b \cdot m$
انخفاض درجة التجمد	$\Delta t = K_f \cdot m$
المذاب الإلكتروليتي	تُضرب المولالية بعدد الأيونات لكل وحدة صيغ

الكيمياء من حولنا:

مانع التجمد في مبردات السيارات

في المناخ البارد، قد يتجمد الماء داخل مبرد السيارة عندما تنخفض درجة الحرارة دون 0 °C. وإذا حدث ذلك، فقد يؤدى تمدد الثلج إلى إتلاف نظام التبريد ومكونات المحرك.

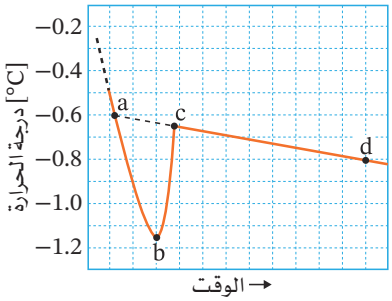
لمنع هذه المشكلة، تُضاف مادة مثل الإيثيلين جليكول إلى ماء المبرد. تعمل الجزيئات المذابة على خفض درجة تجمد المحلول، مما يسمح له بالبقاء سائلًا عند درجات الحرارة التى يتجمد عندها الماء النقي.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) يوضح الشكل المقابل:



التغير في درجة الحرارة عند تبريد محلول لا إلكتروليت (A) مذاب في 100 g من الماء. أجب عن الأسئلة التالية.

(1) ما اسم حالة التبريد بين النقطتين (a) و(b) في الشكل؟

(2) في أي نقطة من النقاط (a) , (b) , (C) تبدأ البلورات الثلجية في التكوّن؟

(3) أي من درجات الحرارة عند النقاط من (a) إلى (d) تعبر عن درجة تجمد المحلول؟

(ب) أجب عن الأسئلة التالية:

بفرض أن درجة تجمد الماء هي 0°C وأن ثابت انخفاض درجة التجمد المولالي للماء هو (1.85 K.kg/mol)

(i) أوجد درجة تجمد محلول مائي مذاب به 11.7 g من كلوريد الصوديوم NaCl (الكتلة الجزيئية = 58.5 /mol) في 500 g من الماء. افترض أن كلوريد الصوديوم متأين تأين تام.

.....

(ii) الفرق في درجة التجمد بين محلول مائي مذاب به 7.5 g من مادة لا إلكتروليتية غير متطايرة في 250 g من الماء والماء النقي يساوى 0.30 °C. أوجد الكتلة الجزيئية النسبية للمادة اللا إلكتروليتية . (لأقرب رقم صحيح)

.....

الشرح

(أ) (i) التبريد الفائق (Supercooling)

(ii) عند بدء التجمد في حالة التبريد الفائق، ترتفع درجة الحرارة، لذا فإن أدنى درجة حرارة هي النقطة التي يبدأ عندها التجمد وتبدأ البلورات بالتكوّن هي b.

(iii) a

درجة التجمد هي تقاطع الخط المستقيم cd (عند امتداده لليسار) مع منحنى التبريد الأصلي

(ب) (i) عند إيجاد درجة تجمد محلول مائي، نوجد أولاً مقدار انخفاض درجة التجمد للمحلول.

«بما أن درجة تجمد الماء هي 0 °C، فإن درجة تجمد المحلول المائي يمكن تحديدها بمجرد معرفة مقدار الانخفاض في درجة التجمد.»

إذا كان المقدار المطلوب للانخفاض في درجة تجمد المحلول المائي هو Δt_f، وثابت الانخفاض المولالي في درجة التجمد هو K_f، ومولالية المحلول m بـ وحدة [mol/kg]، فإن المعادلة التالية يمكن استخدامها:

$$\Delta t_f = K_f.m$$

وبناءً على ذلك، يتم أولًا حساب مولالية الأيونات المذابة.

كمية مادة كلوريد الصوديوم المذاب $= \frac{11.7\ g}{58.5\ g/mol} = 0.200\ mol$، كتلة الماء $= 500\ g = 0.500\ kg$.

$$m = \frac{0.200\ mol}{0.500\ kg} = 0.400\ mol/kg$$

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

بما أن كلوريد الصوديوم يتأين إلى Na^+ و Cl^- ، فيتضاعف عدد الجسيمات (الأيونات) في المحلول، تُعتبر مولالية المحلول قد تضاعفت.

$$2 \times 0.400 = 0.800 \text{ mol/kg}$$

إذن مقدار انخفاض درجة التجمد: Δt_f

$$\Delta t_f = 1.85 \text{ K.kg/mol} \times 0.800 \text{ mol/kg} = 1.48 \text{ K}$$

وبما أن درجة تجمد الماء 0°C، فإن درجة تجمد المحلول المائي المطلوبة هي:

$$0 - 1.48 = -1.48 \text{ °C}$$

(ii) بما أن ثابت انخفاض درجة التجمد المولالي معطى، تُوجد الكتلة الجزيئية النسبية باستخدام المولالية m[mol/kg].

بفرض أن الكتلة المولية للمادة اللا إلكتروليتية m[g / mol]، فإن المولالية $= \frac{\frac{7.5}{M}[\text{mol}]}{0.250 \text{ kg}}$

بما أن الفرق بين درجة تجمد الماء النقي و درجة تجمد المحلول هو مقدار الانخفاض في درجة التجمد Δt_f

وثابت انخفاض درجة التجمد المولي هو K_f، بتطبيق المعادلة : $\Delta t_f = K_f m$

$$0.30 \text{ K} = 1.85 \text{ K.kg/mol} \times \frac{\frac{7.5}{M}[\text{mol}]}{0.250 \text{ kg}}$$

وبحل هذه المعادلة نجد أن $M = 185 \text{ g/mol}$. وبالتالي، فإن الكتلة الجزيئية النسبية تساوي 185.

فكر بشكل نقدي: دليل أم افتراض ؟

وُضع وعاءان في المجمّد:

- الوعاء (A) يحتوى على ماء نقي.
- الوعاء (B) يحتوي على ماء مالح.

تجمد الوعاء (A) أولًا.

استنتج أحد الطلاب ما يلي:

«لقد قام المجمّد بتبريد الوعاء (A) بشكل أكثر فاعلية.»

هل هذا الاستنتاج يمكن دعمه بدليل؟ .....

حاول بنفسك: ما التفسير الذى يمكن أن يفسر هذه الملاحظة؟ .....

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. قام عالم بمضاعفة المولالية لمحلول ما مع الحفاظ على المذيب دون تغيير.

ماذا يحدث لارتفاع درجة الغليان؟

(أ) يبقى دون تغيير.

(ب) يتضاعف.

(جـ) ينخفض إلى النصف.

(د) يصبح صفرًا.

الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. قام طالب بتبريد محلول مشبع من نترات البوتاسيوم ولاحظ تكوّن بلورات.

ما العملية التي تحدث؟

(أ) التحييد

(ب) التسامي

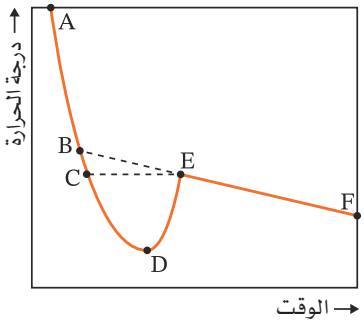
(جـ) إعادة التبلور

(د) التأين

الإجابة: .....

أجب عن الأسئلة التالية:

٣. الشكل المقابل هو منحني تبريد يوضح العلاقة بين زمن التبريد و درجة الحرارة عند تبريد محلول مخفف للسكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$



(أ) ما اسم الظاهرة التي تنخفض فيها درجة الحرارة بينما يبقى السائل سائلاً حتى بعد تبريده لأقل من درجة التجمد؟

.....

(ب) أي نقطة من A إلى F في الشكل تمثل درجة التجمد؟

.....

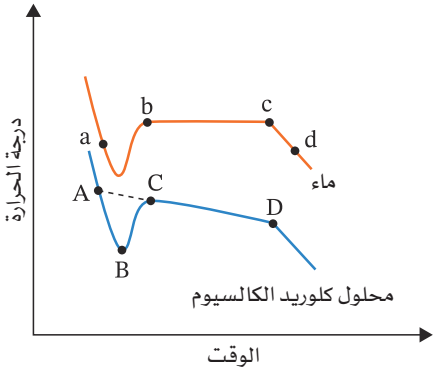
(جـ) اشرح لماذا يميل الخط المستقيم EF في الشكل نحو الأسفل إلى اليمين.

.....

تدرب:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. الشكل المقابل هو منحنى تبريد يوضح العلاقة بين زمن التبريد ودرجة الحرارة عند تبريد الماء ومحلول مائي من كلوريد الكالسيوم ببطء.



أجب عن الأسئلة التالية.

(أ) ما هي الظاهرة التي تحدث للماء عند النقطة (a)؟

.....

(ب) أى نقطة (من A إلى D) في الشكل تمثل نقطة تجمد المحلول المائي لكلوريد الكالسيوم؟

.....

(جـ) أين يبدأ تجمد المحلول المائي لكلوريد الكالسيوم؟ اخترمن بين النقاط من A إلى D في الشكل.

.....

(د) في المدى من b إلى c، تظل درجة الحرارة ثابتة رغم التبريد. اشرح السبب بإيجاز.

.....

(هـ) في المدى من c إلى d، تنخفض درجة الحرارة تدريجيًا. اشرح السبب بإيجاز.

.....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

تحد تفكيرك:

تصميم جهاز إزالة الجليد الصديق للبيئة

ترغب مدينتك في الحد من حوادث الطرق الشتوية مع تقليل الأضرار البيئية إلى أدنى حد ممكن.

تتوفر لديك المواد التالية:

- كلوريد الصوديوم
- كلوريد الكالسيوم
- السكر
- الرمل

من خلال فهمك لخفض درجة التجمد:

- ما المادة التي توصي باستخدامها؟

.....

- ما الدليل الذي يؤيد اختيارك؟

.....

- ما التأثيرات البيئية التي يجب أخذها في الاعتبار؟

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

١٠-١ — الضغط الأسموزي

مقدمة:

عند وضع خيارة في محلول ملحي مركز وتركها لعدة ساعات. بعد ذلك تصبح أصغر حجمًا وأكثر ليونة بشكل ملحوظ. لا يبدو أن شيئًا قد أُخذ من الخيارة، ومع ذلك تغيّر حجمها. **أين ذهب الماء؟**

في هذا الدرس، سوف ندرس كيف ساعدت الملاحظات الدقيقة لحركة الماء في الكائنات الحية العلماء إلى تطوير نماذج وتفسيرات لظاهرتي التناضح (Osmosis) والضغط الأسموزي (Pressure Osmotic).

؟ سؤال توجيهي: كيف ولماذا يتحرك المذيب عبر غشاء شبه منفذ، وكيف يمكن للعلماء قياس الضغط الذي ينتج عن ذلك؟

الاستكشاف

تخيّل أنبوبًا على شكل حرف U يفصل بين طرفيه غشاء شبه منفذ. أحد الجانبين يحتوي على ماء نقي، والجانب الآخر يحتوي على محلول جلوكوز. دون دراسة الدرس:

- تنبأ باتجاه حركة الماء.

.....

- تنبأ ما سيحدث لمستويات السائل.

.....

- فسر أفكارك.

.....

تعلم

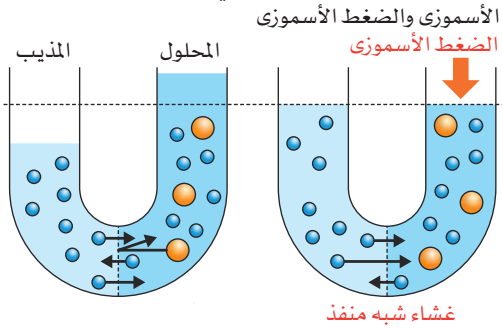
الأسموزية والضغط الأسموزي:

(i) **الغشاء شبه المنفذ:**

غشاء له مسام دقيقة تسمح لجزيئات المذيب الصغيرة (مثل الماء) بالمرور، لكنها تمنع جزيئات المذاب الكبيرة (مثل السكروز) — مثال: السلوفان أو غشاء المثانة الحيواني.

(ii) **الأسموزية (Osmosis):**

ظاهرة تتحرك فيها جزيئات المذيب من خلال غشاء شبه منفذ إلى جانب المحلول عندما يُفصل مذيب وماء نقى (أو محلولان بتركيزين مختلفين) بواسطة الغشاء.



شكل 1.10.1 الأسموزية والضغط الأسموزي

الميكانيكية: لماذا يحدث ذلك؟

تتحرك جزيئات الماء باستمرار في كلا الاتجاهين عبر مسام الغشاء شبه المنفذ.

ومع ذلك، فإن «جزيئات المذاب» الكبيرة لا يمكنها المرور عبر المسام الموجودة في جانب المحلول، مما يعيق فيزيائيًا عودة جزيئات الماء إلى جانب الماء النقي. ونتيجة لذلك، يتجاوز عدد جزيئات الماء المتحركة من جانب «الماء النقي ← المحلول» عدد الجزيئات المتحركة في الاتجاه المعاكس، مما يؤدي إلى حركة صافية للماء نحو المحلول.

بنية العلم

مفاهيم أساسية:

- غشاء شبه منفذ
- الأسموزية
- الضغط الأسموزي
- الأسموزية العكسية
- التركيز.
- المذيب والمذاب.

القانون العلمي:

قانون فان هوف للمحاليل المخففة ($\pi = cRT$).

النماذج العلمية

لا يمكن لأى عالم أن يراقب مباشرة مليارات جزيئات الماء وهى تتحرك عبر غشاء في الوقت نفسه.

وبدلاً من ذلك، يستخدم العلماء الرسوم التوضيحية والنماذج والعلاقات الرياضية لشرح وتوقع ما يحدث.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(iii) الضغط الأسموزي:

- عندما تحدث الأسموزية في أنبوب على شكل حرف U، يرتفع مستوى السائل في جانب المحلول. تتوقف العملية الأسموزية عندما يتزن الضغط الناتج عن الفرق في ارتفاع مستويي السائل (الضغط الهيدروستاتيكي لعمود الماء) الضغطَ الأسموزي.
- لذلك، فإن الضغط الأسموزي يعادل الضغط الذي يجب تطبيقه على جانب المحلول لمنع حدوث العملية الأسموزية (أي للحفاظ على مستويات السائل عند نفس الارتفاع في كلا الجانبين).

ظاهرة طبيعية

تحتوي خلايا النبات على ماء يولّد ضغطًا داخليًا على جدران الخلية. وعندما يُفقد الماء، تصبح الخلايا أقل صلابة ويبدأ النبات بالذبول. تلعب الخاصية الأسموزية دورًا حاسمًا في الحفاظ على بنية النبات وبقائه.

(iv) قانون فانت هوف (van't Hoff's Law):

بالنسبة للمحاليل المخففة، يتناسب الضغط الأسموزي π [Pa] طرديًا مع التركيز المولاري c [mol/L] للمحلول ودرجة الحرارة المطلقة T [K]، بغض النظر عن نوع المذيب أو المذاب.

$$\pi = cRT$$

(R: ثابت الغازات المولاري. بما أن $C = \frac{n}{V}$، يمكن التعبير عنها بالعلاقة ($\pi V = nRT$) و هي نفس صيغة معادلة الغاز المثالي).

صندوق المعادلات

الكمية	المعنى
قانون فانت هوف	$\pi = cRT$
الصيغة المكافئة	$\pi V = nRT$ (حيث R ثابت الغازات المولاري)

تطبيق حياتي:

الأسموزية العكسية – تقنية تحويل ماء البحر إلى ماء عذب، ماذا يحدث إذا تم تطبيق ضغط أكبر من الضغط الأسموزي على جانب المحلول بشكل قسري؟

من المثير للدهشة أن جزيئات الماء الموجودة في المحلول (الجانب المركز) تُدفع عبر الغشاء شبه المنفذ ويتم دفعها إلى الماء النقي (الجانب المخفف)، عكس الاتجاه الطبيعي للعملية الأسموزية. وتُسمى هذه الظاهرة الأسموزية العكسية.

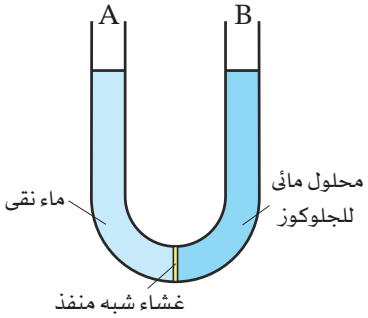
تلعب تقنية الأسموزية العكسية دورًا حيويًا في حياتنا اليومية، ولا سيما في تحلية مياه البحر. فمن خلال تطبيق ضغط عالٍ على مياه البحر وتمريرها عبر غشاء شبه منفذ خاص (يُعرف بغشاء الأسموزية العكسية)، يتم حجب المواد المذابة مثل الملح، ولا يتم استخلاص سوى المياه الصالحة للشرب (المياه العذبة). يُطبق هذا المبدأ الكيميائي في البلدان التي تعاني من ندرة المياه، وفي أنظمة تنقية المياه أثناء الكوارث، وحتى في إعادة تدوير المياه في محطة الفضاء الدولية (ISS).

إن فهم هذه الظاهرة غير المرئية والمجهرية لحركة المياه يرتبط بتكنولوجيا رائعة تحل التحديات العالمية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:



كما هو موضح في الشكل، يُقسَّم مركز أنبوب على شكل U بواسطة غشاء شبه منفذ. يوضع الماء النقى في A، ويوضع محلول مائى للجلوكوز في B في الوقت نفسه بحيث يكون مستوى السائلين على نفس الارتفاع، ويُترك عند 27°C.

افترض أن الكتلة الجزيئية النسبية للجلوكوز 180 g/mol

وأن ثابت الغازات 8.3×10^3 Pa.L/(K.mol)

(أ) بعد فترة من الزمن، أى مستوى سائل يرتفع، A أم B؟

.....

(ب) في الحالة A اكتب اسم المادة التى تتحرك عبر الغشاء شبه المنفذ.

.....

(جـ) تـم عمـل 200 ml مـن محلـول الجلوكـوز بإذابـة 1.2 g مـن الجلوكـوز $C_6H_{12}O_6$ في المـاء. ما الضغط الأسموزي (Pa) الذي يجب تطبيقه لإيقاف ارتفاع المستوى؟

.....

الشرح

(أ) بما أن الماء النقي ينفذ إلى محلول الجلوكوز المائي بالخاصية الأسموزية، يرتفع مستوى السائل في جانب محلول الجلوكوز. لذلك: فإن الإجابة B.

(ب) الماء.

(جـ) عند حساب الضغط الأسموزي، يُستخدم قانون فانت هوف. بفرض أن الضغط الأسموزي π [Pa]، من قانون فانت هوف $\pi V = nRT$:

حوّل وحدة الحجم إلى [L] ووحدة درجة الحرارة إلى [K]

$$\pi\,[\text{Pa}] \times 0.200\ \text{L} = \frac{1.2\text{g}}{180\ \text{g/mol}} \times 8.3 \times 10^3\ \text{Pa.L/(K . mol)} \times (27 + 273)\ \text{K}$$

$$\pi = \frac{\cancel{1.2}^{\,2}\text{g} \times 8.3 \times 10^3\ \text{pa.L/ (K.mol)} \times 300\ \text{k}}{\underset{1}{\cancel{180}^{\,3}}\ \text{g/mol} \times \underset{1}{\cancel{0.200}}\ \text{L}}$$

$$= 8.3 \times 10^4\ \text{pa}$$

فكّر بشكل نقدى:

يقول أحد الطلاب: «تحرك الماء لأن جزيئات الجلوكوز سحبته عبر الغشاء». قم بتقييم هذه الفكرة.

- هل هذا التفسير دقيق تمامًا؟

.....

- ما هي الأدلة التى تدعمه أو تتعارض معه؟

.....

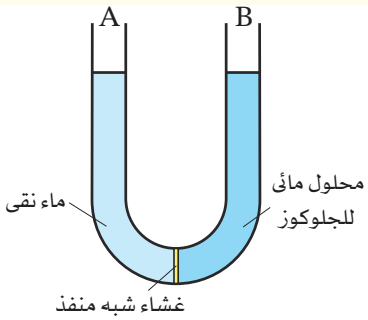
- كيف يمكنك تعديل هذا التفسير؟

.....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

حاول بنفسك:

اقرأ النص التالى وأجب عن الأسئلة التى تليه:



كما هو موضح في الشكل المقابل، يتم فصل مركز أنبوب على شكل حرف U بواسطة غشاء شبه منفذ. وضع ماء نقى في الفرع (A)، ومحلول مائى للجلوكوز في الفرع (B) في نفس الوقت بحيث يكون مستوى السائلين عند نفس الارتفاع، وتُركت في درجة حرارة 27°C.

من الفرع (i) (A / B) إلى الفرع (ii) (A / B)، تمر جزيئات (iii) (الماء / الجلوكوز) عبر الغشاء شبه المنفذ، ويرتفع مستوى السائل في (iv) (A / B).

(أ) اختر الحروف أو الكلمات المناسبة لـ (i) إلى (iv) في النص من بين الخيارات الموجودة بين القوسين.

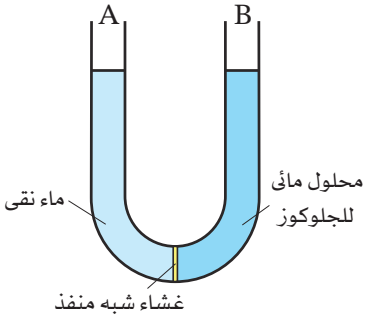
(ب) تم تحضير 300 mL من محلول الجلوكوز المائي في الأنبوب عن طريق إذابة 1.8 g من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ في الماء. ما هو الضغط (الضغط الأسموزي) (Pa) الذي يؤثر لمنع ارتفاع مستوى السائل في هذا المحلول المائي؟

احسب الضغط الأسموزي لأقرب رقمين عشريين. افترض أن ثابت الغاز

$R = 8.3 \times 10^3$ Pa . L/(K . mol). ($C_6H_{12}O_6 = 180$)

تدرب:

أجب عن الأسئلة التالية:



كما هو موضح في الشكل، تم تقسيم مركز أنبوب على شكل U بواسطة غشاء شبه منفذ. تم وضع محلول جلوكوز مائى في A، والماء النقي في B في نفس الوقت بحيث تكون مستوياتهما السائلة على نفس الارتفاع، ويُترك عند درجة حرارة 27°C

(أ) أي مستوى سائل سيرتفع، A أم B؟

(ب) المحلول المائي للجلوكوز تم تحضيره عن طريق إذابة 0.60 g من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ في الماء لإنتاج 200 mL. ما الضغط الأسموزي (Pa) الذي يجب تطبيقه لمنع ارتفاع مستوى هذا المحلول المائي؟ احسب الضغط الأسموزي لأقرب رقمين عشريين.

افترض أن ثابت الغاز $R = 8.3 \times 10^3$ Pa . L/(K . mol)، ($C = 12$, $H = 1.0$, $O = 16$)

تحدَّ تفكيرك:

يبدأ نبات بالذبول بعد أن سُقى بمحلول سماد مركز. باستخدام فهمك للخاصية الأسموزية:

- توقّع اتجاه حركة الماء.

.....

- فسر لماذا يفقد النبات صلابته.

.....

- اقترح حلًا لمساعدة النبات على التعافي.

.....

فكر وتأمل

أكمل:

✓ فكرة واحدة غيرت طريقة تفكيرى

.....

✓ تطبيق واحد في الحياة الواقعية اكتشفته

.....

✓ سؤال واحد ما زلت أرغب في الاستكشافه

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

١-١١ — الغرويات (المحاليل الغروية)

مقدمة:

عند تسليط شعاع ليزر عبر وعاءين — أحدهما يحتوي ماءً نقيًّا، والآخر يحتوي حليبًّا مخففًّا.

ما ملاحظتك؟ .....

ما استنتاجك؟ .....

في هذا الدرس سنبحث في السبب وراء ذلك، ونفهم معنى الغرويات، وندرس خصائصها الرئيسية، بما في ذلك الغرويات المحبة للماء والترسيب بالأملاح، والغرويات الكارهة للماء والتخثر.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن للجسيمات الدقيقة المنتشرة في وسط ما أن تؤثر على سلوك الضوء والحركة والمادة؟

تعلم

١. الغرويات:

(أ) **الجسيمات الغروية:** جسيمات يتراوح قطرها بين $10^{-9}m$ to $10^{-7}m$ تقريبًا – أكبر من الأيونات والجزيئات، لا يمكنها المرور عبر غشاء شبه منفذ (مثل السلوفان) لكن يمكنها المرور عبر ورق الترشيح.

(ب) **الغروي:** حالة تنتشر فيها الجسيمات الغروية بانتظام في مادة أخرى (أو في المادة نفسها).

(جـ) **المحلول الغروي:** محلول تنتشر فيه الجسيمات الغروية في سائل.

(د) **الهُلام (جِل):** محلول غروي فقد قابليته للسيولة.

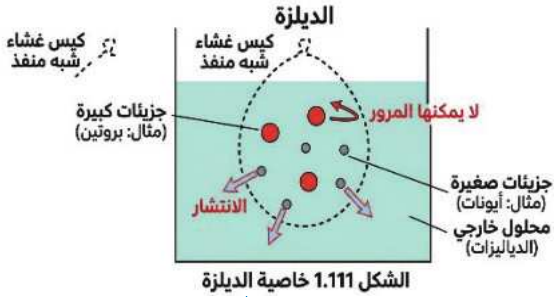
مثال: الحليب الساخن مع النشا ← مهلبية.

٢. خصائص الغرويات:

(أ) **تأثير تندال:** الظاهرة التي تُشَتِّتُ فيها الجسيمات الغروية الضوء، مما يجعل مسار الضوء مرئيًا.

(ب) **الحركة البراونية:** الحركة غير المنتظمة للجسيمات الغروية الناتجة عن اصطدام جسيمات وسط التشتت بالجسيمات الغروية.

(جـ) **الديلزة (Dialysis):** عملية فصل محلول غروي باستخدام غشاء شبه منفذ، إلخ (لأن الجسيمات الغروية أكبر من المسام الموجودة في الغشاء).



الشكل 1.111 خاصية الديلزة

(د) **الهجرة الكهربية (الترحيل الكهربي) (Electrophoresis):** ظاهرة تتحرك فيها الجسيمات الغروية المشحونة نحو أحد الأقطاب الكهربائية.

- تتحرك الجسيمات الموجبة الشحنة نحو **الكاثود**.
- تتحرك الجسيمات السالبة الشحنة نحو **الأنود**.

بنية العلم

الحقيقة الرئيسية:

الخصائص الفريدة للمحاليل الغروية تنشأ من الحجم المتوسط والشحنة لجسيماتها.

المفاهيم الرئيسية:

- الجسيمات الغروية.
- محلول غروي (سول).
- محلول غروي محب للماء.
- محلول غروي كاره للماء.
- محلول غروي واقٍ.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(هـ) الغرويات المحبة للماء والترسيب بالأملاح

الغروي المحب للماء:

نظام غروي تتميز جسيماته بانجذاب قوي للماء، حيث تحيط بها أعداد كبيرة من جزيئات الماء وتُمَيّهُها، مما يحافظ على تشتتها.

مثال: النشا، البروتين.

الترسيب بالأملاح (Salting out):

ظاهرة يحدث فيها ترسيب للغروي المحب للماء عند إضافة كمية كبيرة من إلكتروليت (مادة متأينة) إليه.

(و) الغرويات الكارهة للماء والتخثر: الغروى الكاره للماء: غروي ذو انجذاب منخفض للماء (تتشتت جسيماته في الوسط بفعل قوى التنافر بين الشحنات المتشابهة التي تحملها أسطح الجسيمات).

أمثلة: الطين، الكبريت، وغيرها.

التخثر / التجلط (Coagulation):

ظاهرة يحدث فيها ترسيب وتكتل للغروي الكاره للماء عند إضافة كمية صغيرة من إلكتروليت إلى غروي كاره للماء.

الأيون الذي يحمل شحنة مخالفة لشحنة الجسيمات الغروية ويمتلك تكافؤًا أعلى (شحنة أكبر) يكون أكثر فاعلية وقدرة على إحداث عملية التخثر.

(ز) **الغروي الواقي (Protective colloid):** هو غروي محب للماء يُضاف إلى الغروي الكاره للماء، ليجعل من الصعب على جسيمات الغروى الكاره للماء أن تتخثر أو تترسب (حيث يحيط بها ويحميها من التكتل).

مثال:

أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) اقرأ النص وأجب:

يسمّى الخليط الذي تنتشر فيه بانتظام جسيمات قطرها يتراوح بين $10^{-9}m$ و $10^{-7}m$ تقريبًا في سائل باسم (A). عند إضافة محلول مائي من كلوريد الحديد (III) إلى ماء مغلي، يتكوّن (A) من هيدروكسيد الحديد (III). وعند وضع هذا الخليط في كيس سلوفان مغمور في ماء مقطر يزيل الشوائب وينقّيها – تُسمّى هذه العملية (B). وعند إضافة كمية صغيرة من إلكتروليت إلى جزء من (A) وتركه لبعض الوقت، يحدث ترسيب؛ يُسمى هذا (C). ولأن هذا يحدث بسهولة، يُصنَّف غروي هيدروكسيد الحديد (III) كغروي (D).

(i) أجب عن الكلمات المناسبة لكل من A إلى D في النص.

(ii) هيدروكسيد الحديد (III) غروي مشحون بشحنة موجبة، أي من المحاليل الإلكتروليتية المائية التالية (a إلى d) والتي لها نفس المولارية يسبب الترسيب بأقل كمية؟

(أ) $NaCl$ (ب) $Ca(NO_3)_2$ (جـ) K_2SO_4 (د) $CaCl_2$

(ب) الجمل التالية تصف ظواهر مميزة تُظهرها الغرويات. حدّد المصطلح المرتبط بشكل وثيق بكل من الظواهر التالية:

(i) يمكن رؤية مسار الضوء من مصابيح السيارة الأمامية من الجانب ليلًا.

(ii) يمكن إزالة الرماد عن طريق تطبيق جهد كهربائي عالٍ بالتيار المستمر داخل مداخن المصانع.

(iii) تتحرك الجسيمات الغروية بشكل غير منتظم عندما تصطدم بجزيئات المذيب المحيط.

التصورات الخطأ

«جميع المخاليط التى تبدو متجانسة هي محاليل حقيقية».

الحقيقة:

بعض المخاليط تبدو متجانسة ولكنها في الواقع غرويات تحتوى على جسيمات متناثرة كبيرة بما يكفى لتشتيت الضوء.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الشرح

(أ) (i): **A:** محلول غروي

B: تمرّ الجزيئات والأيونات الصغيرة في المحلول الغروى لهيدروكسيد الحديد (III) عبر غشاء السيلوفان إلى الماء. أما الجسيمات الغروية لهيدروكسيد الحديد (III) فلا يمكنها المرور عبر غشاء السيلوفان وتبقى في الكيس، فتزداد النقاوة. تُسمى عملية فصل محلول غروي بهذه الطريقة بالديلزة.

C: الظاهرة التى يحدث فيها ترسيب عند إضافة كمية صغيرة من الإلكتروليت تُسمى التخثر.

D: كاره للماء.

(ii) بما أنه غروي مشحون موجبًا، فإن الإلكتروليت الذي يحتوي على أنيون له أعلى شحنة كهربائية هو الأكثر فاعلية. من بين a إلى d، أيون الكبريتات SO_4^{-2} له أعلى تكافؤ. لذلك: c.

(ب) (i) تُشتّت الجسيمات الغروية في الهواء الضوء، مما يجعل مسار الضوء مرئيًا. **تأثير تندال.**

(ii) تُجذب جسيمات الرماد الغروية إلى الأقطاب الكهربائية ولم تعد تنبعث من المدخنة. الهجرة الكهربية.

(iii) الحركة البراونية.

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. يصبح شعاع الضوء مرئيًا عندما يمر عبر محلول غروي. ما هي الخاصية التى يتم ملاحظتها؟

(أ) الحركة البراونية.

(ب) الهجرة الكهربية.

(جـ) غسيل الكلى.

(د) تأثير تندال.

الإجابة: .....

٢. وُضع محلول غروى في مجال كهربائي، فتحركت جزيئاته نحو الأنود. ما الاستنتاج الذى يمكن استخلاصه؟

(أ) الجسيمات موجبة الشحنة.

(ب) الجسيمات متعادلة الشحنة.

(جـ) الجسيمات سالبة الشحنة.

(د) الجسيمات لا تحتوي على ماء.

الإجابة: .....

٣. من بين العبارات التالية التي تصف الغرويات من (أ) إلى (هـ)، اختر كل العبارات الصحيحة.

(أ) نظرًا لأن قطر الجسيمات الغروية يبلغ حوالى $10^{-3}m$، فإنها لا تستطيع المرور عبر ورق الترشيح.

(ب) امتصاص الغرويات للضوء هو ما يُعرف بتأثير تندال.

(جـ) تحدث الحركة البراونية لأن جزيئات المذيب التي تتحرك حراريًا تصطدم بشكل عشوائي بالجسيمات الغروية.

(د) لا تؤدي إضافة كمية كبيرة من الإلكتروليت إلى محلول بياض البيض إلى حدوث ترسيب.

(هـ) يُطلق على الغرويات التي فقدت سيولتها، مثل المهلبية الباردة، اسم (سول).

الإجابة: .....

السياق العالمى

تلعب كيمياء الغرويات دورًا مهمًا في تنقية المياه، والهواء، والحد من التلوث، وإنتاج الأغذية، والصناعات الدوائية. إن فهم النظم الغروية يساعد العلماء على تطوير تقنيات مستدامة للمجتمعات الحديثة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه :

عند إضافة كمية صغيرة من الإلكتروليت إلى محلول غروي من كبريتيد الزرنيخ، تتجمع الجسيمات الغروية وتترسب (a). كما أنه عند غمر قطبين كهربيين في هذا المحلول الغروي وتطبيق جهد تيار مستمر، تتجمع الجسيمات الغروية عند الأنود (b) وبالتالي يصبح اللون بالقرب من الأنود أغمق.

(أ) ما اسم الظاهرة المذكورة في الجزءين المشار إليهما (a) و(b) على التوالي؟

(ب) هل تحمل جزيئات كبريتيد الزرنيخ الغروية شحنة موجبة أم سالبة؟

(جـ) عند إضافة المحاليل المائية التالية من A إلى E إلى المحلول الغروي، أى منها يسبب التخثر الموصوف في (a) بأقل مولارية؟

١. $NaCl$ ٢. $MgCl_2$ ٣. $Al(NO_3)_3$ ٤. Na_2SO_4 ٥. KNO_3

٢. طابق كل وصف من الأوصاف الآتية (من i إلى v) مع الظاهرة أو العملية الصحيحة (من A إلى E).

(i) يؤدي تسليط ضوء قوي على محلول النشا إلى إضاءة مسار الضوء.

(ii) تحت جهد تيار مستمر، يتحرك الحديد.

(III) جسيمات الهيدروكسيد تتحرك نحو الكاثود.

(iii) تحت المجهر الضوئي، تتحرك الجزيئات الغروية بشكل غير منتظم.

(iv) تؤدي إضافة كمية كبيرة من الإلكتروليت إلى خليط النشا والحليب أو الجيلاتين إلى حدوث ترسيب.

(v) تؤدي إضافة كمية صغيرة من الإلكتروليت إلى غروية الكبريت إلى حدوث ترسيب.

A. الترسيب بالملح B. التخثر C. تأثير تندال D. الحركة البراونية E. الهجرة الكهربية

الإجابة: .....

فكر وتأمل

أكمل:

✓ فكرة واحدة غيرت طريقة تفكيري

.....

✓ تطبيق واحد في الحياة الواقعية اكتشفته

.....

✓ سؤال واحد ما زلت أرغب في الاستكشافه

.....

تحدَّ تفكيرك:

يعاني مجتمع من مياه شرب مالحة تحتوي على جسيمات غروية معلّقة.

- أى خصائص غروية يمكن أن تساعد في إزالة هذه الجسيمات؟

.....

- هل يكفي الترشيح وحده؟

.....

- كيف يمكن للتخثر أن يحسّن عملية التنقية؟

ادعم اقتراحك باستخدام تعليل علمي.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

١-١٢ – بنية البلورات الفلزية

مقدمة:

انظر حولك.

تتحمل الجسور الفولاذية أحمالًا هائلة.

تسافر الطائرات المصنوعة من الفلزات آلاف الكيلومترات. ومع ذلك فإن الفلزات مكوّنة من ذرات دقيقة يفصل بينها فراغ.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف يحدد الترتيب ثلاثي الأبعاد للذرات داخل الفلزات خصائصها وأداءها.

سؤال توجيهي: كيف يؤثر ترتيب الذرات داخل المعدن على خصائصه واستخداماته؟

تعلم

١. البلورات والمواد الصلبة اللابلورية

(أ) **البلورة:** مادة صلبة تُرتَّب فيها الجسيمات بنمط منتظم.

(ب) **الشبكة البلورية:** بنية الترتيب المنتظم للجسيمات في بلورة.

(جـ) **وحدة الخلية:** أصغر وحدة بنائية تكرارية في الشبكة البلورية، والتي يُنتج تكرارها في الاتجاهات المختلفة البلورة بأكملها.

(د) **العدد التناسقي:** عدد الجسيمات الأخرى الأكثر قربًا (المحيطة مباشرة) لجسيم معين داخل البلورة.

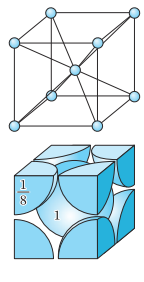
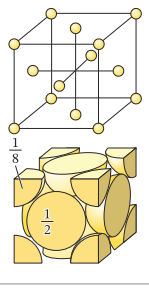
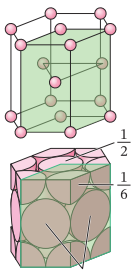
(هـ) **المادة الصلبة اللابلورية:** مادة صلبة لا يكون فيها ترتيب الجسيمات منتظمًا.

٢. بنية البلورات الفلزية

(أ) **البلورة الفلزية:** بلورة تتكوّن من عدد كبير من ذرات فلزية مترابطة بروابط فلزية.

(ب) **تركيب البلورات الفلزية:** تتخذ البلورات الفلزية ثلاثة أنظمة بلورية رئيسية وهي:

- المكعب مركزي الجسم (BCC)
- المكعب مركزي الأوجه (FCC)
- السداسي المتراص / محكم الإغلاق (HCP)

اسم البنية	شبكة مكعبة مركزية الجسم (BCC)	شبكة مكعبة مركزية الأوجه (FCC)	التركيب السداسي المتراص (HCP)
وحدة الخلية			
عدد الذرات في وحدة الخلية	$\frac{1}{8}\times 8+1=2$	$\frac{1}{8}\times 8+\frac{1}{2}\times 6=4$	$\left(\frac{1}{6}\times 12+\frac{1}{2}\times 2+3\right)\times\frac{1}{3}=2$
عدد التناسق	8	12	12
أمثلة	الحديد	النحاس	التيتانيوم

بنية العلم

حقيقة أساسية:

تتوقف خصائص المادة الصلبة البلورية على الترتيب المنتظم للجسيمات داخل شبكتها البلورية.

المفاهيم الأساسية:

- البلورة.
- الشبكة البلورية.
- عدد التناسق.
- المادة الصلبة غير المتبلورة.
- البلورة المعدنية.
- نصف قطر الذرة.
- كفاءة التعبئة.

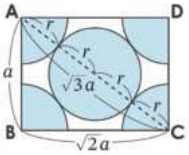
موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

التركيب	عدد الذرات في وحدة الخلية	عدد التناسق
BCC	$\left(\frac{1}{8}\times 8\right)+1=2$	8
FCC	$\left(\frac{1}{8}\times 8\right)+\left(\frac{1}{2}\times 6\right)=4$	12
HCP	2	12

(جـ) العلاقة بين طول ضلع وحدة الخلية ونصف القطر الذري:

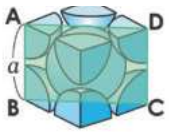
بفرض أن طول ضلع وحدة الخلية هو a، ونصف القطر الذرى هو r

(i) الشبكة المكعبة مركزية الجسم: في المستوى ABCD الموضح بالشكل:

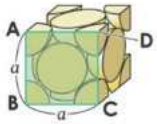


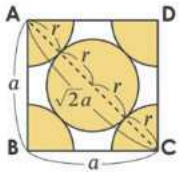
بما أن $AB = a$ و $BC=\sqrt{2a}$، فإن $AC=\sqrt{3a}$ ..... (يمكن حساب ذلك باستخدام نظرية فيثاغورس)

و بما أن أيضا $AC = 4r$ و $4r=\sqrt{3a} \leftarrow r=\frac{\sqrt{3}}{4}a$



(ii) الشبكة المكعبة مركزية الوجه: في المستوى ABCD في الشكل المقابل:





بما أن $AB = BC = a$ فإن $AC=\sqrt{2a}$

وبما أن $AC = 4r$ ، $4r=\sqrt{2a} \leftarrow r=\frac{\sqrt{2}}{4}a$

(د) كفاءة التعبئة (efficiency Packing):

النسبة المئوية لحجم وحدة الخلية التي تشغله الذرات

= (حجم الذرات في وحدة الخلية) ÷ (حجم وحدة الخلية).

صندوق المعادلات:

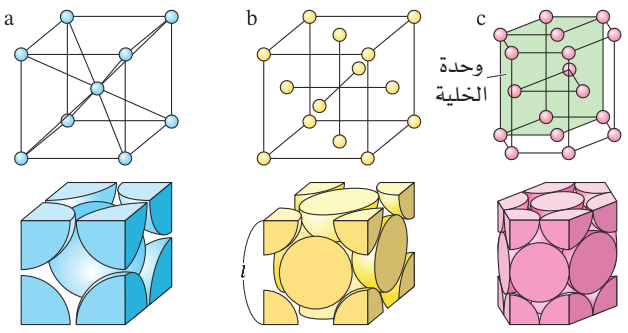
البنية	ذرات/خلية	العدد التناسقي	r مقابل a
BCC	2	8	$r=\frac{\sqrt{3}}{4}a$
FCC	4	12	$r=\frac{\sqrt{2}}{4}a$
HCP	2	12	–

تطبيق حياتي:

الأسلاك والأجهزة الكهربائية: تسمح البنية المكعبة مركزية الوجوه للنحاس للإلكترونات بالتدفق بحرية. وهذا يوفّر الموصلية الكهربائية والحرارية العالية الضرورية للأسلاك المنزلية، ولوحات الدوائر المطبوعة (PCB)، والحوسبة الحديثة.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:



موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(أ) الأشكال (a ، b ، c) توضح تركيبات بلورات فلزية.

(i) ما اسم التركيب للبلوريتين لـ a وc؟

.....

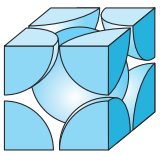
(ii) كم عدد الذرات الموجودة في وحدة خلية a؟

.....

(iii) في b، بفرض أن نصف القطر الذري r وطول ضلع الخلية الوحدة l، عبّر عن r بدلالة l.

.....

(ب) يوضح الشكل المقابل الشبكة البلورية للحديد. بفرض أن نصف قطر ذرة الحديد r [cm] وطول ضلع الشبكة البلورية في الشكل a [cm]، أجب عن الأسئلة التالية:



(i) عبّر عن r بدلالة a.

.....

(ii) أوجد كفاءة التعبئة لذرات الحديد. يمكنك وضع الجذور التربيعية في اعتبارك.

.....

(iii) أوجد كثافة ذرات الحديد (g/cm^3) افترض أن ثابت أفوجادرو NA (/mol). (Fe = 56)

.....

الشرح

(أ) (i) a: الشبكة المكعبة مركزية الجسم / c: بنية سداسية محكمة التراص.

(ii) 2

(iii) بنية b مكعبة مركزية الوجوه. لذلك $r = \frac{\sqrt{2}}{4} l$

(ب) (i) من الشكل، الشبكة البلورية للحديد مكعبة مركزية الجسم. $r = \frac{\sqrt{3}}{4} a$

(ii) كفاءة التعبئة = (حجم الذرات في وحدة الخلية) ÷ (حجم وحدة الخلية).

عدد الذرات لكل وحد خلية هو 2 وحجمها:

وبما أن حجم الخلية الوحدة $[cm^3]$ $\frac{4\pi r^3}{3} \times 2 = \frac{4\pi \times \left(\frac{\sqrt{3}}{4} a\right)^3}{3} \times 2 = \frac{\sqrt{3}\pi a^3}{8}$

فإن كفاءة التعبئة = $\frac{\frac{\sqrt{3}\pi a^3}{8}}{a^3} = \frac{\sqrt{3}\pi}{8}$

(iii) لإيجاد كثافة الذرات، نحدد كثافة وحدة الخلية.

الكثافة = كتلة وحدة الخلية ÷ حجم وحدة الخلية.

بما أن الكتلة المولية للحديد Fe هي (56 g/mol)، فإن كتلة ذرتي الحديد في وحدة الخلية:

$$\frac{56\ g/mol \times 2}{N_A[/mol]} = \frac{112}{N_A}\ [g]$$

وبما أن حجم الخلية الوحدة a^3 $[cm^3]$ ، فإن الكثافة: $[g/cm^3]$ $\frac{\frac{112}{N_A}}{a^3} = \frac{112}{a^3 N_A}$

الإجابة: $\frac{112}{a^3 N_A}\ [g/cm^3]$

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

تصميم نماذج بمواد منزلية: مكعبة مركزية الجسم (BCC) :

المواد: 9 كرات من الصلصال، أعواد أسنان.

الخطوات:

(١) ابنِ مكعبًا باستخدام 8 كرات صلصال عند الزوايا. 2

(٢) صل الزوايا باستخدام أعواد الأسنان.

(٣) ضع كرة صلصال واحدة في مركز المكعب.

(٤) لاحظ الترتيب من اتجاهات مختلفة.

التحقيق: عُدّ ذرات الزوايا؛ حدّد الذرة المركزية؛ حدّد العدد التناسقي.

يمكنك تصميم نموذج للمكعبة مركزية الوجوه (FCC) والسداسية المكتنزة (HCP) بنفس الإجراء.

.....

.....

.....

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. بلورة معدنية لها عدد تناسق يساوي 8. ما هي البنية التي من المحتمل أن تكون عليها؟

(أ) FCC (ب) HCP

(جـ) BCC (د) بنية غير متبلورة

الإجابة: .....

٢. كل من البنيتين FCC و HCP لهما عدد تناسق يساوي:

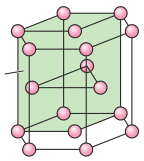
(أ) 6 (ب) 10

(جـ) 8 (د) 12

الإجابة: .....

٣. أجب عن الأسئلة التالية:

يوضح الشكل المقابل البنية البلورية لمعدن معين. أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) ما اسم الشبكة البلورية لهذا المعدن؟

.....

(ب) ما العدد الإجمالي للذرات الموجودة في وحدة الخلية؟

.....

(جـ) ما هو عدد التناسق لذرة في هذه الشبكة؟

.....

(د) يطلق على المادة الصلبة التي تتراص جسيماتها بشكل منتظم، مثل المادة الصلبة المعدنية، اسم «بلورة». من ناحية أخرى، ما هو الاسم الذي يُطلق على المادة الصلبة ذات الترتيب غير المنتظم التي ليست بلورية؟

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اذكر الأنواع الثلاثة للشبكات البلورية الموجودة في البلورات المعدنية.

.....

(ب) من بين الأنواع الثلاثة المذكورة في (أ)، أي منها يحتوي على أكبر عدد من الذرات في وحدة الخلية؟

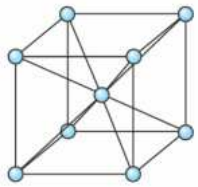
.....

(جـ) من بين الأنواع الثلاثة المذكورة في (أ)، أي منها يحتوي على أصغر عدد تناسق؟

واكتب عدد التناسق لهذه الشبكة.

.....

٢. الشكل المقابل هو البنية البلورية للحديد.



أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) في بلورة الحديد، ما العدد الإجمالي للذرات الموجودة في وحدة الخلية؟

.....

(ب) بافتراض أن طول ضلع وحدة الخلية للحديد يساوي a[cm]، عبّر عن نصف قطر ذرة الحديد بدلالة a. يمكنك ترك الجذور التربيعية في التعبير.

(جـ) عبّر عن كفاءة التعبئة للشبكة البلورية للحديد بدلالة π.

.....

(د) بافتراض أن كثافة الحديد تساوي d (g/cm^3)، عبّر عن كتلة ذرة حديد واحدة بدلالة a و d.

.....

(هـ) بافتراض أن ثابت أفوجادرو يساوى NA (/mol)، عبّر عن الكتلة الذرية النسبية للحديد بدلالة a و d و NA

.....

فكر وتأمل

أكمل:

✓ فكرة واحدة غيرت طريقة تفكيري.

.....

✓ تطبيق واحد في الحياة الواقعية اكتشفته.

.....

✓ سؤال واحد ما زلت أرغب في الاستكشافه.

.....

فكّر بشكل نقدى:

أنت مهندس مواد مكلّف بتصميم فلز لمركبة كهربائية خفيفة الوزن.

أي بنية بلورية تفضّل:

• BCC • FCC • HCP

الإجابة: .....

فسر اختيارك باستخدام:

• كفاءة التعبئة • العدد التناسقى.

الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

١-١٣ – بنية البلورات الأيونية:

مقدمة:

تحتوي كل حبة من ملح الطعام على مليارات من أيونات الصوديوم والكلوريد. تحمل هذه الأيونات شحنات مختلفة وتترابط معًا بجذب كهرو ستاتيكي قوي؛ لذا تتكون بلورات الملح في أشكال هندسية منتظمة مرئية للعين المجردة. في هذا الدرس نستكشف كيف يحدد ترتيب الأيونات داخل البلورة بنيتها واستقرارها وخصائصها الفيزيائية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يحدد ترتيب الأيونات داخل بلورة بنيتها واستقرارها وخصائصها الفيزيائية؟

الاستكشاف

باستخدام كرات ملونة

- الأزرق = Na^+
- الأخضر = Cl^-

رتّب الأيونات بحيث يكون كل أيون محاطاً بأكبر عدد ممكن من الأيونات ذات الشحنة المخالفة.

استكشف: ما النموذج الذى يظهر؟ ولماذا لا تترتب الأيونات عشوائيًا؟

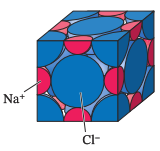
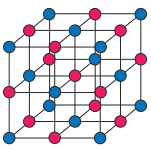
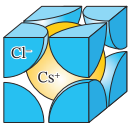
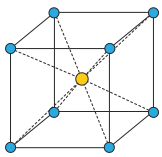
تعلم

بنية البلورات الأيونية

(أ) **البلورة الأيونية:** بلورة تتكون من كاتيونات وأنيونات مرتبطة ببعضها البعض بواسطة قوى كهروستاتيكية (روابط أيونية).

(ب) **عدد التناسق:** عدد الأيونات ذات الشحنة المخالفة التى تحيط مباشرة بأيون معين في بلورة أيونية.

(جـ) **أمثلة على التراكيب البلورية:** كلوريد الصوديوم (NaCl) وكلوريد السيزيوم (CsCl).

البلورة الأيونية	كلوريد الصوديوم NaCl	كلوريد السيزيوم CsCl
وحدة الخلية	 	 
عدد الأيونات في الخلية الوحدة	$Na+ : \frac{1}{4} \times 12 + 1 = 4$ $Cl^- : \frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$	$Cs^+ = 1$ $Cl^- : \frac{1}{8} \times 8 = 1$
العدد التناسقي	$Na+ : 6 \quad Cl^- : 6$	$Cs^+ = 8 \quad Cl^- : 8$

صندوق المعادلات

الكمية	التعبير
الكثافة	(عدد الأيونات لكل خلية ÷ وحدات الصيغة) × كتلة الصيغة ÷ NA، والكل ÷ a^3 (حجم الخلية)
تلامس ضلع NaCl	$a = 2.r\,(Na^+) + 2.r\,(Cl^-)$
قطر جسم CsCl	$\sqrt{3}\,.a = 2.r\,(Cs^+) + 2.r\,(Cl^-)$

بنية العلم

حقيقة أساسية:

تعتمد خصائص البلورات الأيونية على الترتيب المنتظم ثلاثى الأبعاد للأيونات ذات الشحنة المختلفة داخل الشبكة البلورية.

المفاهيم الأساسية:

- البلورة.
- الشبكة البلورية.
- الكاتيون.
- الأنيون.
- الرابطة الأيونية.
- وحدة الخلية.
- عدد التناسق.
- نصف القطر الأيونى.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تطبيق عملي: الملح في حفظ الأغذية

الملح في حفظ الأغذية: يقلل الملح من كمية الماء المتاحة للكائنات الحية الدقيقة، مما يساعد في حفظ الأغذية ومنع تلفها. ويُعد فهم المركبات الأيونية وكيفية تفاعلها مع الماء أمرًا أساسيًّا في علم الأغذية وتقنيات حفظ الأغذية.

مثال:

يوضح الشكل الشبكة البلورية لكلوريد الصوديوم، طول الضلع 5.64×10^{-8} cm

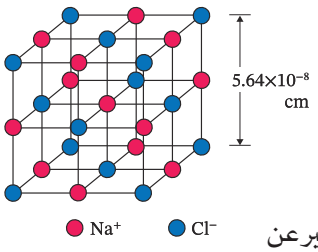
$(N_A = 6.0 \times 10^{23}$ /mol, $5.64^3 = 179$, Na = 23 , Cl = 35.5)

(أ) إذا كان نصف قطر أيون Na^+ هو 1.16×10^{-8} cm، أوجد نصف قطر أيون Cl^- (cm) (لثلاثة أرقام عشرية).

.....

(ب) أوجد كثافة بلورة NaCl (g/cm^3) (لأقرب رقمين عشريين).

.....



الشرح

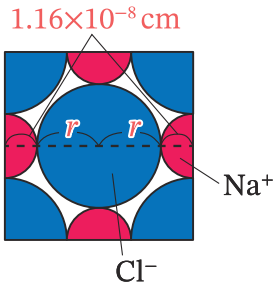
(أ) على طول الضلع حيث يتلامس أيون Na^+ وأيون Cl^-، يمكن التعبير عن طول ضلع وحدة الخلية كالتالي: $2 \times r\,[cm] + 2 \times 1.16 \times 10^{-8}$ cm

ومنها: $2 \times r\,[cm] + 2 \times 1.16 \times 10^{-8}\ cm = 5.64 \times 10^{-8}\ cm$

$r = 1.66 \times 10^{-8}$ cm

(ب) الكثافة $= \frac{\text{كتلة وحدة الخلية}}{\text{حجم وحدة الخلية}}$

تحتوي وحدة الخلية لكلوريد الصوديوم على أربعة أيونات Na^+ وأربعة أيونات Cl^-، أي ما يقابل أربع وحدات صيغ من NaCl.



كتلة 4 وحدات NaCl هي: $\frac{58.5\ g/\ mol}{6.0 \times 10^{23}/mol} \times 4 = \frac{39}{10^{23}}$ g

وبما أن حجم وحدة الخلية $(5.64 \times 10^{-8})^3\ cm^3$، فإن كثافة البلورة:

$$\frac{\frac{39}{10^{23}}\ g}{(5.64 \times 10^{-8})^3\ cm^3} = 2.17\ g/cm^3$$

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. ما هي القوة الأساسية التي تربط البلورة الأيونية ببعضها البعض؟

(أ) الرابطة الهيدروجينية (ب) الرابطة الفلزية

(جـ) التجاذب الكهروستاتيكي بين الأيونات ذات الشحنة المعاكسة (د) قوى فاندرفالز

الإجابة: .....

٢. ما المقصود بعدد التناسق لأيون في بلورة أيونية؟

(أ) عدد الإلكترونات في الأيون. (ب) عدد الأيونات في وحدة الخلية.

(جـ) عدد الأيونات المشحونة المحيطة بهذا الأيون. (د) عدد الروابط التي يكونها الأيون.

الإجابة: .....

٣. الشكل المقابل يوضح وحدة الخلية لـ CsCl، حيث يتلامس Cs^+ و Cl^-

(لأقرب رقمين عشريين. طول الضلع = 0.41 nm ; $NA = 6.0 \times 10^{23}$ / mol ; $\sqrt{3} = 1.7$

(Cl = 35.5, Cs = 133)

(Na = 23، Cl = 35.5)

طبيعة العلم

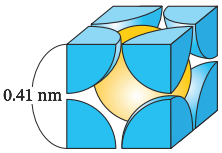
طور العلماء نماذج بلورية باستخدام أدلة مستمدة من تجارب حيود الأشعة السينية والتحليل الرياضي والملاحظات التجريبية المتكررة.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

(أ) إذا كان نصف قطر Cl^- يساوى 0.17 nm ، فأوجد نصف قطر Cs^+ (nm)

(ب) أوجد حجم 1 mole من بلورة CsCl (cm^3). علما بأن ($1.0\ nm = 1.0 \times 10^{-7}\ cm$)، ($4.1^3 = 69$)

(جـ) أوجد كثافة بلورة CsCl (g/cm^3)



الإجابة : .....

تدرب:

أجب عن الأسئلة التالية:

يبلغ طول ضلع وحدة الخلية لبلورة كلوريد الصوديوم. $5.64 \times 10^{-8}\ cm$ ($N_A = 6.0 \times 10^{23}/mol$)،

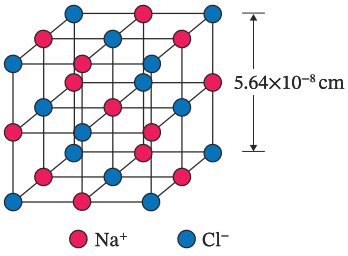
أجب عن الأسئلة التالية

(أ) ما عدد أيونات Na^+ و Cl^- في وحدة الخلية، على التوالي؟

(ب) ما الكتلة الإجمالية لـ NaCl في وحدة الخلية (gm)؟

(جـ) ما حجم وحدة الخلية (cm^3)؟ افترض أن ($5.64^3 = 179$)

(د) احسب كثافة البلورة (g/cm^3) لأقرب رقمين عشريين.



فكّر بشكل نقدى:

يريد عالم مواد تطوير بلورة ذات استقرار عالٍ، وجذب أيونى قوي، ورصّ فعّال. باستخدام ما تعلمته عن بنى البلورات الأيونية:

- ما العوامل التى ينبغى مراعاتها؟

.....

- كيف يمكن أن يؤثر حجم الأيون على البنية البلورية؟

.....

فكر وتأمل

أكمل:

✓ فكرة واحدة غيرت طريقة تفكيري.

.....

✓ تطبيق واحد في الحياة الواقعية اكتشفته.

.....

✓ سؤال واحد ما زلت أرغب في الاستكشافه.

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

سؤال الوحدة

اقرأ دراسة الحالة التالية، ثم أجب عن الأسئلة التالية:

تقوم إحدى المنظمات الإنسانية بتصميم صناديق تبريد محمولة لنقل اللقاحات إلى المجتمعات النائية التي لا تتوافر فيها الكهرباء. ويدرس فريق الهندسة ثلاث مواد لاستخدامها كمواد تبريد.

جدول البيانات

المادة	الكتلة المولية (g/mol)	حرارة الانصهار (kJ/mol)	حرارة التبخير (kJ/mol)	قوى التجاذب بين الجزيئات	درجة الغليان (°C)
ماء (H_2O)	18	6.0	41	رابطة الهيدروجين	100
كبريتيد الهيدروجين (H_2S)	34	2.4	18	ثنائي القطب – ثنائي القطب / فاندرفالز	−60
بروميد الهيدروجين HBr	81	2.2	17	ثنائي القطب – ثنائي القطب / فاندرفالز	−67

يجب أن يحافظ صندوق التبريد على درجة حرارة منخفضة لأطول فترة ممكنة مع الحفاظ في الوقت نفسه على سلامته وعمليته في أثناء النقل.

الجزء الأول:

- **تحليل البيانات**

حلل البيانات السابقة وحدد المادة التى ستمتص أكبر كمية من الطاقة في أثناء تغير الحالة من سائل إلى غاز.

.....

ادعم إجابتك باستخدام أدلة كمية مستمدة من الجدول.

.....

الجزء الثانى:

- **التفسير العلمى**

درجة غليان الماء أعلى بكثير من درجة غليان H_2S، على الرغم من أن الماء له كتلة مولية أقل.

اشرح هذه الملاحظة باستخدام القوى بين الجزيئات.

.....

الجزء الثالث:

- **التقييم**

يقول أحد المهندسين:

«يجب أن تتمتع المادة ذات الكتلة المولية الأكبر دائمًا بأعلى نقطة غليان لأن الجزيئات الأثقل تتطلب طاقة أكبر لفصلها».

باستخدام البيانات الواردة في الجدول وفهمك للقوى بين الجزيئات:

قم بتقييم صحة هذا الفرض.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

فى إجابتك:

- ناقش الأدلة التى تؤيد اجابتك.
- حدد أوجه القصور في هذا الفرض.
- قارن بين الكتلة الجزيئية والقوى بين الجزيئات كعوامل تؤثر على درجة الغليان.

الجزء الرابع:

- سؤال مقالي إلى أي مدى تعتبر قوة التجاذب بين الجزيئات أكثر أهمية من الكتلة الجزيئية في تحديد الخصائص الفيزيائية للمواد؟

باستخدام أدلة من دراسة الحالة وأمثلة من الوحدة، قم ببناء حجة علمية منطقية تتضمن:

- مقارنة بين الرابطة الهيدروجينية وقوى فاندرفالز.
- شرح تأثيرها على درجات الانصهار والغليان.
- مناقشة دور انتقال الطاقة في أثناء تغيرات الحالة.
- تصل إلى استنتاج منطقي مدعوم بالأدلة العلمية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الفصل الثاني

التغيُّر والاتزان في المادة

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

١-٢ — التفاعلات الكيميائية وتغيرات الإنثالبي

مقدمة

تخيل أنك تمسك بكيس تبريد فوري بعد إصابة رياضية. بمجرد الضغط عليه يصبح باردًا فجأة دون أن يكون قد وُضع في الثلاجة. وفي حالة أخرى، تنبعث من نار المعسكر حرارة وضوء يُدفئان الناس في ليلة باردة. في هذا الدرس، سنستكشف كيف يتتبع الكيميائيون التغيرات في الطاقة أثناء التفاعلات الكيميائية، وكيف تؤثر عمليات نقل الطاقة غير المرئية على تشكيل العالم من حولنا.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن للعلماء استخدام التغيرات في الطاقة في التفاعلات الكيميائية لتفسير الظواهر الفيزيائية والكيميائية والتنبؤ بها؟

الاستكشاف

تأمل الحالات التالية:

- احتراق الغاز الطبيعي في موقد المطبخ.
- إذابة نترات الأمونيوم في الماء داخل كيس التبريد.
- تبخر العرق من الجلد.

بدون دراسة هذا الدرس:

- ما هي العمليات التي تطلق طاقة؟ .....
- ما هي العمليات التي تمتص طاقة؟ .....

سجل أفكارك المبدئية وراجعها بعد دراسة تغيرات الإنثالبي.

بنية العلم

الحقائق الاساسية:

التفاعلات الطاردة للحرارة تطلق الحرارة إلى الوسط المحيط.
- أما التفاعلات الماصة للحرارة فإنها تمتص الحرارة من الوسط المحيط.
- إنثالبي الاحتراق يكون دائمًا سالبًا.

المفاهيم الرئيسية:

- التفاعل الكيميائي
- انتقال الحرارة
- الإنثالبي (H)
- تغير الإنثالبي (ΔH)
- التفاعل الطارد للحرارة
- التفاعل الماص للحرارة
- إنثالبي الاحتراق
- إنثالبي التكوين
- إنثالبي الذوبان
- إنثالبي التعادل

تعلم

١. التفاعلات الكيميائية والإنثالبي:

(أ) **التفاعلات الكيميائية ونقل الحرارة:**

(i) التفاعل الطارد للحرارة: تفاعل يطلق حرارة إلى الوسط المحيط.

(ii) التفاعل الماص للحرارة: تفاعل يمتص الحرارة من الوسط المحيط.

(ب) **المحتوى الحراري / الإنثالبي:** كمية تمثل المحتوى الحراري (الطاقة) لمادة ما يُرمز له بالرمز (H). وحدة القياس هي الجول (الرمز: J).

(جـ) **المحتوى الحراري للتفاعل /إنثالبي التفاعل:** التغير في الإنثالبي أثناء التفاعل الكيميائي. يُرمز له بالرمز ΔH.

(د) **إشارة المحتوى الحراري للتفاعل / إشارة إنثالبي التفاعل**

تكون قيمة ΔH: **سالبة** للتفاعلات الطاردة للحرارة و**موجبة** للتفاعلات الماصة للحرارة.

التفاعلات الطاردة للحرارة تطلق حرارة.
التفاعلات الماصة للحرارة تمتص حرارة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الاستكشاف التغيرات في الطاقة:

يُشاهد الطلاب تجربتين آمنتين:

التجربة A

إذابة كلوريد الكالسيوم في الماء.

التجربة B

إذابة نترات الأمونيوم في الماء.

على الطلاب:

- قياس درجة الحرارة قبل الذوبان وبعده.
- ما هي نتائج ملاحظاتكم؟ .....
- صنفوا كل عملية إلى طاردة للحرارة أو ماصة للحرارة. .....
- استنتجوا اتجاه انتقال الطاقة. .....

سؤال البحث:

ما الدليل الذي يسمح للعلماء باستنتاج أن الطاقة قد دخلت النظام أو خرجت منه؟

.....

٢. التعبير عن المحتوى الحراري للتفاعل:

١ اكتب المعادلة الكيميائية.

٢ اكتب **الحالة الفيزيائية** للمادة بعد الصيغة الكيميائية.

ملاحظة: في حالة وجود ظاهرة التآصل، **اكتب اسم المادة**.

مثال: C (الجرافيت)

٣ اجعل معامل المادة المراد دراستها يساوي **1**.

٤ اكتب ΔH **بعد معادلة التفاعل**.

مثال: تفاعل احتراق 1mole من الهيدروجين H_2 لينتج الماء H_2O

(الإنثالبي للتفاعل يساوي 286−)

١. $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

٢. $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$

٣. $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$

٤. $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -286\ kJ/mol$

فكّر بشكل نقدي:

تعلن إحدى الشركات: «الوقود الجديد الذي ننتجه يطلق حرارة تبلغ ضعف ما يطلقه الوقود العادي، ولذلك فهو دائمًا أفضل للبيئة». الادعاء – الدليل – الاستدلال

يقوم الطلاب بتقييم ما يلي:

- هل هذا الادعاء صحيح علميًّا؟ .....
- ما الدليل الناقص؟ .....
- هل يعني إطلاق طاقة أعلى دائمًا استدامة أفضل؟ .....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

أنواع تغيرات المحتوى الحراري (الإنثالبي) للتفاعل:

(أ) التغير في المحتوى الحراري أثناء تغير الحالة الفيزيائية:

عندما تتغير الحالة الفيزيائية للمادة، يتغير محتواها الحراري.

يُعرَّف المحتوى الحراري لتغير الحالة بأنه التغير في المحتوى الحراري عندما يتحول **1 mole** من المادة من حالة فيزيائية لأخرى.

(ب) المحتوى الحراري للاحتراق: / إنثالبي الاحتراق:

هو التغير في المحتوى الحراري للتفاعل عند احتراق 1 mol من المادة احتراقًا تامًّا. وتكون قيمته دائمًا **سالبة**.

نظرًا لأن الحرارة تنطلق خلال هذا التفاعل.

(جـ) المحتوى الحراري للذوبان / إنثالبي الذوبان:

هو التغير في المحتوى الحراري الناتج من ذوبان 1 mol من المادة تمامًا في وفرة من المذيب.

- يُعبر عن ذوبان المادة في الماء باستخدام الرمز (aq) (محلول مائي)، والذي يعبر عن وفرة من الماء.
- مثال: المحتوى الحراري لذوبان هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) هو −44.5 kJ/mol

$$NaOH_{(s)} \rightarrow NaOH_{(aq)}\ ,\ \Delta H = -44.5\ kJ/mol$$

(د) المحتوى الحراري للتعادل / إنثالبي التعادل:

هو التغير في المحتوى الحراري للتفاعل عندما يتفاعل حمض مع قاعدة لتكوين 1 mol من الماء.

(هـ) المحتوى الحراري للتكوين / إنثالبي التكوين:

هو التغير في المحتوى الحراري للتفاعل عندما يتكون 1 mol من مركب ما من عناصره الأولية (الأساسية) في أكثر حالاتها استقراراً تحت الظروف القياسية.

كن مواطنًا عالميًا

فهم تغيرات الإنثالبي يساعد العلماء على تصميم وقود أنظف، وتحسين تقنيات البطاريات، وتطوير عمليات صناعية فعالة، وتقليل استهلاك الطاقة العالمي. تعتمد العديد من مبادرات الاستدامة الحديثة على التحكم في نقل الطاقة في التفاعلات الكيميائية.

أنواع المحتوى الحراري في لمحة:

النوع	يُعرَّف لكل...	الإشارة
الاحتراق	1 mol من المادة يحترق بالكامل	دائمًا سالبة
الذوبان	1 mol يذوب في وفرة من المذيب	±
التعادل	1 mol ماء يتكون من (حمض قوي + قاعدة قوية)	سالبة
التكوين	1 mol مركب يتكون من عناصر	±
تغير الحالة	1 mol يتحول من حالة فيزيائية لأخرى	±

تطبيق حياتي:

الكمادات الساخنة والباردة الفورية:

تعتمد على تغيرات إنثالبي محددة. تستخدم الكمادة الساخنة الفورية تفاعلاً طاردًا للحرارة (مثل الماغنسيوم والماء أو مزيج من الحديد والكربون ومزيج من الأملاح عند الضغط على الكيس أو تكسيره)، مما يؤدي إلى إطلاق الحرارة إلى الوسط المحيط. أما الكيس البارد فيعتمد على تفاعل ماص للحرارة (مثل إذابة نترات الأمونيوم في الماء)، مما يؤدي إلى امتصاص الحرارة وتبريد بشرتك.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مثال:

أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) اشرح ما الذي تمثله ΔH في المعادلة الكيميائية التالية:

حدد جميع المواد وأنواع التغير الحراري / الإنثالبي التي يمكن وصفها بقيمة ΔH لهذا التفاعل.

$$C(\text{graphite}) + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -394 \text{ kJ.}$$

(ب) عبّر عن التغيرات الكيميائية أو تغيرات الحالة التالية بمعادلات كيميائية حرارية.

(i) احتراق 1 mol من الإيثان C_2H_6 احتراقًا تامًّا، انطلاق طاقة حرارية مقدارها 1562 kJ.

(ii) تبخر 9.0 g من الماء، عند امتصاصها كمية من الحرارة 22 kJ من الوسط المحيط $(H = 1.0 ، O = 16)$

الشرح

(أ) المادة المعنية في المعادلة الكيميائية لها دائمًا معامل يساوي 1.

أولاً، بما أن 1 mol من الجرافيت يتفاعل مع الأكسجين، يمكن اعتباره احتراقًا تامًّا للجرافيت. في هذه الحالة، تمثل ΔH إنثالبي احتراق الجرافيت.

كذلك، هذا تفاعل يتكون فيه 1 mol من ثاني أكسيد الكربون من الكربون (الجرافيت) والأكسجين، لذا في هذه الحالة، تمثل ΔH إنثالبي تكوين ثاني أكسيد الكربون.

بناءً على ما سبق، تمثل قيمة ΔH . إنثالبي احتراق الجرافيت وإنثالبي تكوين ثاني أكسيد الكربون معًا.

(ب) اكتب وفقًا للخطوات التالية:

(i) ❶ اكتب المعادلة الكيميائية.

$$2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$$

❷ اكتب الحالة الفيزيائية للمادة بعد الصيغة الكيميائية.

$$2C_2H_{6(g)} + 7O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

❸ بما أنه يمثل تفاعل 1 mol من الإيثان، اجعل معامل C_2H_6 يساوي 1.

$$C_2H_{6(g)} + \frac{7}{2} O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

❹ اكتب ΔH بعد معادلة التفاعل.

مع ملاحظة أن إنثالبي الاحتراق سالب، فإن إنثالبي احتراق 1 mol من الإيثان هو -1562 kJ/mol

$$C_2H_{6(g)} + \frac{7}{2} O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -1562 \text{ kJ/mol}$$

(ii) ❶❷ اكتب معادلة التفاعل.

$$H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(g)}$$

❸❹ بما أن معامل H_2O يساوي 1، اكتب ΔH بعد معادلة التفاعل.

لاحظ هنا أن إنثالبي التفاعل يُعبَّر عن كل 1 mol من المادة المعنية.

كمية المادة لـ 9.0 g من الماء هي: $\frac{9.0 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}}$

لذلك، بما أن الحرارة الممتصة عند تبخر 0.50 mol من الماء هي 22 kJ،

فإن إنثالبي التفاعل عند تبخر 1 mol من الماء هو 44 KJ/mol، تصبح المعادلة:

$$H_2O_{(l)} \rightarrow H_2O_{(g)} \quad \Delta H = 44 \text{ kJ/mol}$$

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

نشاط تفسير البيانات:

تحليل البيانات التجريبية

المادة المذابة	درجة الحرارة الابتدائية (°C)	درجة الحرارة النهائية (°C)
NaOH	25	34
NH_4NO_3	25	18

فكّر كعالم كيميائي:

١. أي عملية طاردة للحرارة؟ .....

٢. أي عملية ماصة للحرارة؟ .....

٣. ما الدليل الذي يدعم استنتاجك؟ .....

٤. أي عملية لها $\Delta H > 0$؟ .....

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. حدد نوع التغير الحراري (إنثالبي التفاعل) الذي تمثله ΔH، والمادة التي تعبر عنها.

(أ) $HCl_{(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ ، $\Delta H = -56\ kJ$

(ب) $C_2H_{6(g)} + \frac{7}{2} O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$ ، $\Delta H = -1562\ kJ$

٢. عبِّر عن التغيرات التالية بمعادلات كيميائية حرارية. $(H = 1.0 ، N = 14 ، O = 16)$

(أ) احتراق 1 mol من الميثان CH_4 احتراقًا تامًّا وينتج ثاني أكسيد كربون وماء، تنطلق طاقة حرارية مقدارها 891 kJ

(ب) احتراق 1 mol من الهيدروجين H_2 لإنتاج بخار ماء، تنطلق طاقة حرارية مقدارها 242 kJ

(جـ) إمرار بخار ماء على 1 mol من الجرافيت لينتج أول أكسيد الكربون وغاز الهيدروجين بامتصاص طاقة 131 kJ

(د) ذوبان 4.0 g من نترات الأمونيوم NH_4NO_3 في وفرة من الماء وامتصاص طاقة حرارية 1.3 kJ

الإجابة: .....

٣. عبِّر عن تغيرات الحالة التالية بمعادلات كيميائية حرارية.

(أ) التغير الحراري المصاحب لتبخُّر البروم 31 kJ/mol

(ب) التغير الحراري لتكاثف الإيثانول C_2H_5OH −39kJ/mol

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. لماذا يكون إنثالبي الاحتراق دائمًا سالبًا؟

(أ) لا تحتوي النواتج على أي طاقة.

(ب) الاحتراق يمتص الحرارة.

(جـ) يصاحبه انطلاق حرارة للوسط المحيط.

(د) يستهلك الأكسجين.

الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. أي مما يلي يعبر عن التغير الحراري لتفاعل حمض مع قاعدة لتكوين ماء؟

(أ) حرارة التكوين.

(ب) حرارة الاحتراق.

(جـ) حرارة الإذابة.

(د) حرارة التعادل.

الإجابة: .....

٣. حدد نوع التغير الحراري لكل من التفاعلات التالية والذي تمثله ΔH في المعادلة الكيميائية، وحدد المادة التي يشير إليها.

(أ) $HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -56\ kJ$

(ب) $CO_{(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -283\ kJ$

الإجابة: .....

٤. عبّر عن كل التغير الحراري لكل مما يلي بمعادلة كيميائية حرارية. $(H = 1.0 ، O = 16 ، Na = 23)$

(أ) احتراق 1 mol من الماس احتراقًا تامًّا و انطلاق طاقة حرارية 395kJ

(ب) ذوبان 1.0 g من هيدروكسيد الصوديوم NaOH في وفرة من الماء، و انطلاق طاقة حرارية 4.5 kJ

(جـ) تكون 1 mol من أكسيد النيتريك NO من تفاعل النيتروجين N_2 والأكسجين O_2، بامتصاص 90kJ من الحرارة.

الإجابة: .....

٥. عبّر عن تغيرات الحالات التالية بمعادلات كيميائية حرارية.

(أ) التغير الحراري لتبخّر الإيثانول C_2H_5OH هو 39 kJ/mol

(ب) التغير الحراري لتسامي اليود هو 62 kJ/mol

الإجابة: .....

تحدَّ تفكيرك:

التغير الحراري لتفاعل كيميائي: $\Delta H = -250\ kJ$

يقول أحد الطلاب: «التفاعل امتص طاقة حرارية مقدارها 250 kJ لأن مقدارها كبير»

قيّم هذا الافتراض.

- هل التفسير صحيح؟ .....
- ماذا تستنتج من إشارة ΔH ؟ .....
- كيف سيتأثر الوسط المحيط؟ .....
- استخدم دليلاً علميًا لفسير إجابتك. .....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٢-٢ – قانون هس

مقدمة

في الكيمياء، يمكن أن تسير التفاعلات عبر مسارات مختلفة – والمثير للدهشة أن إجمالي التغير في الطاقة يظل ثابتًا بغض النظر عن المسار المتبع. في هذا الدرس، نستكشف كيف يحدد الكيميائيون التغيرات المجهولة في الطاقة باستخدام قانون هس.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن للعلماء تحديد تغير الطاقة لتفاعل لا يمكن قياسه مباشرة؟

الاستكشاف

قام مجموعة من الطلاب بدراسة ثلاثة تفاعلات: • $A \rightarrow C$ • $B \rightarrow C$ • $A \rightarrow B$:

• هل يمكن التنبؤ بـ $\Delta H\,(A \rightarrow C)$ من التفاعلين الآخرين؟ .....

• ما الدليل الذي يدعم استنتاجك؟ .....

تعلم

١. قانون هس

(أ) **قانون هس:** ينص على أنه إذا تم تحديد الحالة الابتدائية والنهائية لتفاعل ما، فإن إنثالبي التفاعل الكلي يكون ثابتًا، بغض النظر عن مسار التفاعل.

(ب) **حساب إنثالبي التفاعل باستخدام قانون هس:**

❶ اجعل الإنثالبي المطلوب يساوي X [kJ/mol] واكتب معادلة التفاعل المطلوب.

❷ اكتب جميع المعادلات الكيميائية للتفاعلات المعطى إنثالبيات تفاعلها.

❸ اربط بين المعادلات الكيميائية المكتوبة في ❷ لتحصل على المعادلة الكيميائية المطلوبة في ❶.

❹ احسب انثالبي التفاعل المطلوب

مثال: إذا علمت أن إنثالبي احتراق الجرافيت C تساوي 394kJ/mol– وإنثالبي احتراق أول أكسيد الكربون CO تساوي 283kJ/mol–، فأوجد إنثالبي تكوين أول أكسيد الكربون.

❶ اجعل إنثالبي التكوين المطلوبة X [kJ/mol]، واكتب المعادلة الكيميائية الحرارية التي تمثل تكوّن أول أكسيد الكربون CO:

$C(\text{graphite}) + \frac{1}{2}\,O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)} \quad \Delta H = x\ [\text{kJ/mol}]$ مُعبّرًا عنها بحيث يكون معامل CO يساوي 1

❷ اكتب المعادلات الكيميائية الحرارية لاحتراق كل من الكربون (الجرافيت) وأول أكسيد الكربون (CO)، اللذين أُعطيت قيم الإنثالبي لتفاعليهما

$C(\text{graphite}) + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -394\ \text{kJ}$ .....(i)

$CO_{(g)} + \frac{1}{2}\,O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -283\ \text{kJ}$ .....(ii)

❸ اجمع المعادلتين الكيميائيتين ❷ للحصول على المعادلة ❶:

في معادلة ❶: عنصر الكربون في الطرف الأيسر للتفاعل

• ومعامله = 1، لذلك نأخذ معادلة (i) كما هي و بنفس الاتجاه.

CO في المعادلة المطلوبة معامله = 1 و يقع في الطرف الأيمن للتفاعل، ولكنه يقع في الطرف الأيسر للمعادلة (ii)، و معامله = 1.

لذلك يجب علينا عكس اتجاه المعادلة.

عندما يُعكس تفاعل، تُعامل معادلته على أنها مطروحة.

• لذلك، عند حساب (ii) – (i) يعطي المعادلة الكيميائية المطلوبة.

$$C(\text{graphite}) + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$$
$$CO_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)} + \frac{1}{2}\,O_{2(g)}$$
$$C(\text{graphite}) + O_{2(g)} + CO_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + CO_{(g)} + \frac{1}{2}\,O_{2(g)}$$

($\frac{1}{2}\,O_2$ متبقي)

$$\Rightarrow C(\text{graphite}) + \frac{1}{2}\,O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)}$$

بنية العلم

حقيقة أساسية:

إن التغير الكلي في الإنثالبي للتفاعل مقدار ثابت بغض النظر عن المسار المتبع بين المواد المتفاعلة والنواتج.

المفاهيم الأساسية:

- تغير الإنثالبي (ΔH)
- قانون هس
- إنثالبي التكوين
- إنثالبي الاحتراق
- إنثالبي الرابطة
- المعادلات الحرارية الكيميائية

القانون العلمي

قانون هس – التغير الكلي في الإنثالبي لا يتأثر بمسار التفاعل.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

④ احسب إنثالبي التفاعل بنفس طريقة التحويل التي تمت في ③:

X = [إنثالبي تفاعل معادلة (i)] − [إنثالبي تفاعل معادلة (ii)]

$x = -394 - (-283) = -111$ [kJ]

مما سبق، إنثالبي تكوين CO هي −111 kJ/mol

(جـ) طاقة الرابطة (إنثالبي الرابطة):

هى الطاقة اللازمة لكسر الروابط التساهمية داخل جزيء. تُعبر كقيمة لكل 1 mol من الروابط في الجزيء.

في الجزيء الواحد، إذا كان هناك روابط متعددة بين الذرات، فإن إنثالبي الرابطة تمثل الطاقة اللازمة لكسر جميع الروابط.

مثال: التفاعل الذي يحوّل الميثان CH_4 إلى ذرة كربون وذرات هيدروجين:

$$CH_{4(g)} \rightarrow C_{(g)} + 4H_{(g)}$$

إنثالبي الرابطة لهذا التفاعل هي طاقة كسر 4 روابط C–H.

أدوات أساسية =

الأداة	القاعدة
عكس تفاعل	غيِّر إشارة ΔH (اطرحها)
ضرب تفاعل في n	اضرب ΔH في n
من طاقات الروابط (إنثالبيات الروابط)	$\Delta H = \Sigma$ (طاقات تكوين الروابط) − (طاقات كسر الروابط)
من حرارات التكوين (أو من إنثالبيات التكوين)	$\Delta H = \Sigma \Delta H_f$ نواتج − $\Sigma \Delta H_f$ متفاعلات

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) احسب حرارة التكوين البروبان C_3H_8 [kJ/mol]، علمًا بأن حرارة احتراق الجرافيت، والهيدروجين، والبروبان هي −394kJ/mol ، −286kJ/mol ، −2219 kJ/mol ، على الترتيب.

(ب) باستخدام المعادلات الكيميائية الحرارية التالية، احسب طاقة الرابطة (إنثالبي الرابطة) O–H [kJ/mol]، وقرِّب إجابتك لأقرب عدد صحيح.

$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)}$ $\quad \Delta H = -242$ kJ

$H_{2(g)} \rightarrow 2H_{(g)}$ $\quad \Delta H = 436$ kJ

$O_{2(g)} \rightarrow 2O_{(g)}$ $\quad \Delta H = 498$ kJ

الشرح

(أ) ① اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لتكوين البروبان C_3H_8. مع فرض أن X [kJ/mol] إنثالبي تكوين البروبان.

$3C(graphite) + 4H_{2(g)} \rightarrow C_3H_{5(g)}$ $\quad \Delta H = x$ [kJ]

فلسفة العلم

يوضح قانون هس ما يلي:

- **الموضوعية:** يحصل علمـــاء مختلفون على نفس قيمة ΔH عند استخدام البيانات نفسها.
- **التراكمية:** استند قانون هس إلى أعمال سابقة تتعلق بقانون بقاء الطاقة لتطوير طريقة أكثر فعالية لحساب إنثالبيات التفاعلات.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

❷ اكتب المعادلات الكيميائية الحرارية وتغيرات الإنثالبي لتفاعلات احتراق المواد التي أُعطيت قيم إنثالبياتها:

$C(graphite) + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H = -394\ kJ$ .....(i)

$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -286\ kJ$ .....(ii)

$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -2219\ kJ$.....(iii)

❸ اجمع المعادلات المكتوبة في ❷ للحصول على المعادلة ❶. باستخدام العلاقة:

$$(i) \times 3 + (ii) \times 4 - (iii)$$

❹ احسب إنثالبي التفاعل بنفس العلاقة المشتقة في ❸:

$$x = \{-394 \times 3 + (-286) \times 4\} - (-2219) = -107$$

لذلك، إنثالبي التكوين المطلوبة هي $-107\ kJ/mol$

(ب) ❶ أفترض أن $X\ [kJ/mol]$ تمثل إنثالبي الرابطة.

$$H_2O_{(g)} \rightarrow 2H_{(g)} + O_{(g)} \quad \Delta H = x\ [kJ]$$

❷ اكتب المعادلات الكيميائية وتغيرات الإنثالبي المقابلة لها:

$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -242\ kJ$ .....(i)

$H_{2(g)} \rightarrow 2H_{(g)} \quad \Delta H = 436\ kJ$ .....(ii)

$O_{2(g)} \rightarrow 2O_{(g)} \quad \Delta H = 498\ kJ$ .....(iii)

❸ يمكن الحصول على معادلة ❶ باستخدام العلاقة:

$$(ii) + (iii) \times \frac{1}{2} - (i)$$

❹ باستخدام نفس العلاقة من ❸: $436 + 249 + 242 = 927\ kJ$

بما أن H_2O يحتوي على رابطتي O–H، فإن إنثالبي الرابطة هي:

$$927\ kJ \times \frac{1}{2} = 463.5\ kJ \approx 464\ kJ$$

تحدَّ تفكيرك:

تحدث كثير من التفاعلات الصناعية عند درجات حرارة وضغوط تجعل قياس الإنثالبي مباشرةً أمرًا صعبًا.

كيف يمكن لقانون هس أن يساعد في تقدير تغيرات الطاقة قبل بناء مصنع كيميائي واسع النطاق؟

.....

.....

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

بمعلومية قيم حرارة التكوين التالية:

$CO_{2(g)}$: $-394\ kJ/mol$ $H_2O_{(l)}$: $-286\ kJ/mol$ $C_2H_5OH_{(l)}$: $-277\ kJ/mol$

(أ) اكتب المعادلة الكيميائية التي تمثل احتراق الإيثانول، مع تحديد الحالات الفيزيائية.

الإجابة: .....

(ب) احسب حرارة احتراق الإيثانول لأقرب عدد صحيح.

الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. المبدأ العلمي الذي يقوم عليه قانون هس هو

(أ) بقاء الكتلة (ب) بقاء الطاقة

(جـ) مبدأ لو شاتيلييه (د) قانون بويل

الإجابة: .....

٢. أي العبارات التالية تصف قانون هس بأفضل شكل؟

(أ) يعتمد الإنثالبي على معدل التفاعل

(ب) يعتمد الإنثالبي على نوع العامل الحفاز

(جـ) يعتمد التغير الكلي في الإنثالبي فقط على الحالتين الأولية والنهائية

(د) يعتمد الإنثالبي على مسار التفاعل.

الإجابة: .....

٣. اكتب معادلة احتراق الإيثان $C_2H_{6(g)}$ موضحًا التغير الحراري باستخدام المعطيات التالية:

$C(graphite) + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H = -394\ kJ$ .....(i)

$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H = -286\ kJ$ .....(ii)

$2C(graphite) + 3H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{6(g)}$ $\Delta H = -84\ kJ$ .....(iii)

الإجابة: .....

٤. احسب ΔH للتفاعل التالي:

$$H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$$

علمًا بأن:

- إنثالبي الرابطة $H-H = 436\ kJ/mol$
- إنثالبي الرابطة $O=O\ 498\ kJ/mol$
- إنثالبي الرابطة $O-H = 463\ kJ/mol$

تحدَّي طريقة تفكيرك:

$C(graphite) + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H = -394\ kJ$

$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H = -286\ kJ$

$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H = -891\ kJ$

احسب إنثالبي تكوين الميثان:

$$C(graphite) + 2H_{2(g)} \rightarrow CH_{4(g)}$$

اشرح كل خطوة باستخدام قانون هس.

.....

.....

فكر وتأمل

أكمل:

✓ فكرة واحدة غيرت طريقة تفكيري

.....

✓ تطبيق واحد في الحياة الواقعية اكتشفته

.....

✓ سؤال واحد ما زلت أرغب في الاستكشافه

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣-٢ — الخلية الكهروكيميائية (١) (خلية دانيال)

مقدمة

تخيل أن انقطاعًا للتيار الكهربائي يحدث فجأة في مدينتك. خلال ثوانٍ، يعتمد ملايين الأشخاص على البطاريات والمولدات وأنظمة الطاقة الاحتياطية للحفاظ على عمل المستشفيات وشبكات الاتصال والنقل. لكن من أين تأتي هذه الطاقة الكهربائية؟

من المدهش أن الكهرباء يمكن إنتاجها من خلال تفاعلات كيميائية بسيطة تتضمن معادن وأيونات. تعتمد كل بطارية، من بطارية الهاتف الذكي إلى المركبة الكهربائية، على نفس الأساس العلمي.

في هذا الدرس، سنتعرف على كيفية تحويل التفاعلات الكيميائية إلى طاقة كهربائية وكيف تعمل الخلايا الكهروكيميائية على تزويد التكنولوجيا الحديثة بالطاقة.

سؤال توجيهي: كيف يمكن استخدام تفاعل كيميائي تلقائي لتوليد طاقة كهربائية تستخدم في تشغيل الأجهزة والتقنيات التي نستخدمها يوميًّا؟

بنية العلم

حقيقة أساسية:

تحول الخلية الكهروكيميائية الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية من خلال تفاعل أكسدة واختزال تلقائي يحدث فيه الأكسدة عند الأنود والاختزال الكاثود.

المفاهيم لأساسية:

- الخلية الكهروكيميائية
- القطب الموجب
- القطب السالب
- القوة الدافعة الكهربائية (EMF)
- خلية دانيال

الاستكشاف

المواد:

- ليمون، أو بطاطس، أو برتقالة.
- مسمار مجلفن (مطلي بالزنك).
- مصباح LED صغير.
- عملة نحاسية أو شريحة نحاس.
- أسلاك توصيل.

الإجراء:

١. ضع مسمار الزنك وشريحة النحاس في الفاكهة.

٢. صل الأسلاك بكلا المعدنين.

٣. لاحظ. هل تتولد طاقة كهربية.

٤. جرِّب فواكه مختلفة وقارن النتائج.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

أسئلة استقصائية:

- أي فاكهة تُنتج أعلى جهد؟

.....

- هل يؤثر تغيير معادن الأقطاب على النتائج؟

.....

- ما الدليل الذي يشير إلى حدوث تفاعل أكسدة واختزال؟

.....

تعلم

١. الخلية الكهروكيميائية

(أ) **الخلية الكهروكيميائية:** جهاز يحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والعكس من خلال تفاعل أكسدة و اختزال.

- يُطلق على القطب الذي تنطلق منه الإلكترونات (e^-) اسم الأنود (−)، أما القطب الذي يستقبلها فيُطلق عليه اسم الكاثود (+)

(ب) متسلسلة الجهود الكهربائية للفلزات: ترتيب الفلزات حسب جهد أكسدتها (أو قابليتها للأكسدة).

$$K > Na > Ca > Mg > Al > Zn > Fe > Ni > Sn > Pb > (H) > Cu > Hg > Ag > Au > Pt$$

(جـ) **القوة الدافعة الكهربائية (EMF):** الجهود الكهربائية (فرق الجهد) بين الأنود والكاثود. كلما زادت المسافة بين الفلزين في متسلسلة النشاط، زادت القوة الدافعة الكهربائية.

(د) **الرمز الاصطلاحي للخلية:** « كاثود (+) | محلول إلكتروليت مائي | أنود (−)».

شكل 2.3.1 : عينات من المعادن

٢. خلية دانيال

خلية جلفانية تتكون من قطب من الخارصين (زنك) مغمورة في محلول كبريتات الزنك المائي ($ZnSO_4$)، وقطب من النحاس مغمورة في محلول كبريتات النحاس (II) المائي ($CuSO_4$).

يفصل نصفي الخلية بوعاء مسامي ويوصل القطبين بسلك توصيل.

(أ) **رمز الخلية:** $(-)\ Zn \mid Zn^{2+}_{(aq)} \mid Cu^{2+}_{(aq)} \mid Cu\ (+)$

(ب) **التفاعلات عند الأقطاب:**

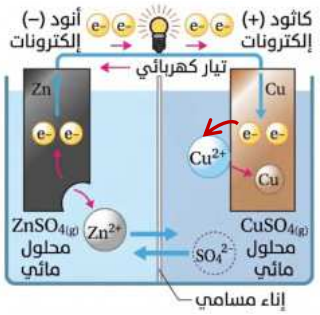
المصعد (الأنود): $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

المهبط (الكاثود): $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(جـ) الخصائص:

أثناء التفريغ، تنتقل أيونات Zn^{2+} من جانب $ZnSO_4$ وأيونات SO_4^{2-} من جانب $CuSO_4$ عبر الوعاء المسامي إلى المحلول المقابل.



شكل 2.3.2 : خلية دنيال

مرجع سريع

القطب	الإشارة	العملية
المصعد (الأنود)	−	أكسدة – يُطلق إلكترونات $(Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-)$
المهبط (الكاثود)	+	اختزال – يستقبل إلكترونات $(Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu)$

تطبيق حياتي

تعمل كل بطارية في هاتف ذكي أو حاسوب محمول أو ساعة ذكية أو مركبة كهربائية وفق أساسيات كهروكيميائية مشابهة لتلك الموجودة في خلية دانيال.

يساعد فهم الخلايا الكهروكيميائية العلماء على تطوير:

- بطاريات أطول عمرًا
- أنظمة شحن أسرع
- تقنيات تخزين طاقة أكثر استدامة

كن مواطنًا عالميًا

تلعب الخلايا الكهروكيميائية دوراً رئيسياً في التنمية المستدامة. فهي تُستخدم في السيارات الكهربائية، وتخزين الطاقة المتجددة، والأجهزة الطبية المحمولة، وأنظمة الطاقة في حالات الطوارئ، وتقنيات الأقمار الصناعية. ويمكن للتطورات في تكنولوجيا البطاريات أن تقلل من الاعتماد على الوقود الحفري وتدعم أهداف الاستدامة العالمية.

مثال:

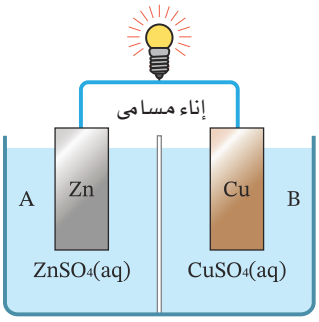
الشكل المقابل يعبر عن مخطط لخلية دانيال.

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) عبّر عن التفاعلات الحادثة عند الأنود (−) والكاثود (+) على التوالي، باستخدام معادلات أيونية تحتوي على إلكترونات (e^-).

(ب) لزيادة زمن التفريغ، ما الذي ينبغي أن تكون عليه التركيزات الابتدائية للمحاليل المائية A وB؟ أجب باستخدام مصطلح «تركيز عالٍ» أو «تركيز منخفض».

فسر اجابتك بالتركيز على ‹زيادة أو نقصان الأيونات› عند كل قطب.



الشرح

(أ) **المصعد (الأنود):** $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

المهبط (الكاثود): $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

(ب) [شرط التركيز]

نجعل تركيز المحلول المائي $(ZnSO_4)$ (A) منخفضًا، ونجعل تركيز المحلول المائي $(CuSO_4)$ (B) عاليًا.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

[السبب]

عند المصعد (الأنود)، تتكون أيونات Zn^{2+} مع مرور الزمن واستمرار التفاعل. بالبدء بتركيز منخفض من محلول $ZnSO_4$، يستغرق المحلول وقتًا أطول ليصل إلى التشبع، مما يسمح بذوبان مزيد من الزنك. في المقابل، عند المهبط (الكاثود) تُستهلك أيونات Cu^{2+} ولذلك باستخدام تركيز عالٍ من محلول $CuSO_4$ في البداية، يستغرق نفاذ أيونات Cu^{2+} وقت أطول، مما يضمن استمرار التفاعل لفترة أطول.

حل المشكلات:

تحليل بيانات تجريبية:

تم بناء خليتين كهروكيميائيتين:

الخلية (أ): Zn | Cu

الخلية (ب): Mg | Cu

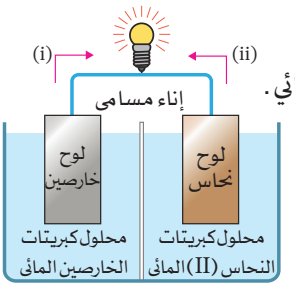
باستخدام سلسلة النشاط:

- تنبأ: أي خلية تنتج قوة دافعة كهربائية أعلى. .....
- اشرح تفكيرك. .....
- حدِّد الأنود والكاثود في كل خلية. .....

حاول بنفسك:

ادرس الخلية الموضحة بالشكل ثم أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) ما اسم الخلية الموضحة في الشكل؟



(ب) أي من الألواح المعدنية يعبر عن الكاثود (+)؟ أجب برمزها الكيميائي.

(جـ) عندما يوصَل لوح الزنك ولوح النحاس بسلك توصيل، عبِّر عن التغيرات التي تحدث عند كلا القطبين باستخدام معادلات أيونية تحتوي على إلكترونات (e^-).

(د) في أي اتجاه تتدفق الإلكترونات في سلك التوصيل (i) أم (ii)؟

(هـ) لزيادة إجمالي الشحنة الكهربائية الناتجة، كيف يجب اختيار التركيزات الأولية لمحلول كبريتات الزنك المائي ومحلول كبريتات النحاس (II) المائي؟

(و) في هذه الخلية، يتولد فرق جهد بين القطبين. ما اسم هذا الفرق في الجهد؟

(ز) إذا استُبدل لوح الزنك بلوح من النيكل واستُبدل محلوله المائي بمحلول مائي لكبريتات النيكل (II)، كيف سيتغير فرق الجهد مقارنة بما في (و)؟

الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي من الأقطاب الكهربية يزداد وزنه أثناء تشغيل خلية دانيال؟

(أ) قطب الزنك (ب) قطب النحاس

(جـ) كلا القطبين (د) لا يزيد وزن أي من القطبين

الإجابة: .....

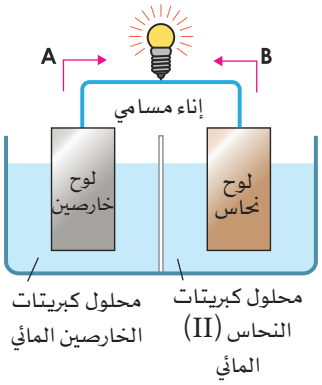
٢. في خلية دانيال، تحدث عملية الأكسدة لـ:

(أ) الكاثود (ب) الإلكتروليت

(جـ) الأنود (د) الوعاء المسامي

الإجابة: .....

٣. ادرس الخلية الموضحة بالشكل ثم أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) عبِّر عن التفاعلات الحادثة عند الأنود (–) والكاثود (–) على التوالي، باستخدام معادلات أيونية (e^-).

(ب) في أي اتجاه تتدفق الإلكترونات في سلك التوصيل (A) أم (B)؟

(جـ) أي من العناصر التالية ينتقل من المحلول المائي لكبريتات النحاس (II) إلى المحلول المائي لكبريتات الزنك عبر الوعاء المسامي؟

أجب بالرقم المقابل.

(i) Zn (ii) Zn^{2+} (iii) Cu (iv) Cu^{2+} (v) H^+ (vi) SO_4^{2-}

تحدَّ تفكيرك:

خلية دانيال تتكون من:

- قطب Zn في محلول $ZnSO_4$
- قطب Cu في محلول $CuSO_4$

اقترح أحد الطلاب زيادة تركيز $ZnSO_4$ وخفض تركيز $CuSO_4$ لإطالة عمر الخلية.

قم بتقييم هذا الاقتراح.

- هل سيؤدي ذلك إلى زيادة أم نقصان وقت التفريغ؟ .....
- اشرح ذلك باستخدام التغيرات في تركيزات Cu^{2+} , Zn^{2+} عند كلا القطبين.

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٤-٢ — الخلية الكهروكيميائية (٢) (خلايا متنوعة)

مقدمة

تسير حافلة تعمل بالهيدروجين عبر المدينة دون إنتاج دخان أو ثاني أكسيد الكربون أو ملوثات ضارة. بدلًا من ذلك، فإن المادة الوحيدة المنبعثة من عادمها هي الماء. وفي الوقت نفسه، يعتمد ملايين السيارات حول العالم على بطاريات الرصاص الحمضية لتشغيل محركاتها يوميًّا.

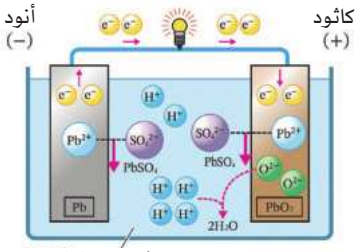
في هذا الدرس، سنتعرف على كيفية قيام الخلايا الكهروكيميائية المختلفة بتخزين وتوليد الكهرباء، وكيف يستخدم العلماء البراهين الكيميائية لتفسير الأداء المتوقع لهذه الخلايا والتنبؤ به.

سؤال توجيهي: كيف يمكن التصميم والتحكم في التفاعلات الكيميائية للحصول على الطاقة الكهربائية لأغراض مختلفة في الحياة العملية؟

تعلم

١. خلايا متنوعة

(أ) **بطارية الرصاص الحمضية:** بطارية تتكون من الرصاص Pb (الأنود)، وأكسيد الرصاص (IV) PbO_2 (كاثود)، وحمض الكبريتيك المخفف كإلكتروليت.



محلول مائي من H_2SO_4

الشكل 2.4.1 خلية الرصاص الحمضية

١. رمز الخلية: $(-)\ Pb \mid H_2SO_4(aq) \mid PbO_2\ (+)$

٢. تفاعلات الأقطاب (أثناء التفريغ):

تفاعل الأنود: $Pb + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2e^-$

تفاعل الكاثود: $PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$

التفاعل الكلي: $Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$

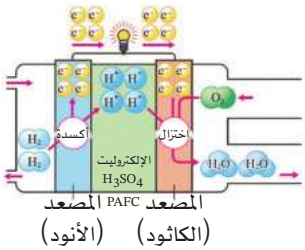
٣. الخصائص:

- يقل تركيز حمض الكبريتيك نتيجة عملية التفريغ. (لأن H_2SO_4 يُستهلك ويتكوَّن H_2O)
- يُوصل مصدر طاقة خارجي ببطارية الرصاص الحمضية لشحنها. أثناء الشحن، تحدث التفاعلات العكسية عند الأقطاب.

(ب) **خلية الوقود:** جهاز يستخدم في الحصول علي الطاقة الكهربائية باستخدام وقود (عامل مختزل) مثل الهيدروجين، ومؤكسد مثل الأكسجين.

١. رمز الخلية:

$(-)\ H_2 \mid H_3PO_{4(aq)} \mid O_2\ (+)$



الشكل 2.4.2 خلية الوقود

٢. تفاعلات الأقطاب (نوع حمض الفوسفوريك):

تفاعل الأنود: $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

تفاعل الكاثود: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

التفاعل الكلي: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

بنية العلم

حقيقة أساسية:

تقوم الخلايا الكهروكيميائية بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية من خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال، وتعتمد كمية الكهرباء المنتجة على كمية الإلكترونات المنقولة.

المفاهيم لأساسية:

- الخلية الكهروكيميائية
- بطارية الرصاص الحمضية
- خلية الوقود
- الأكسدة
- الاختزال
- ثابت فاراداي
- الشحنة الكهربائية
- الإلكتروليت
- تفاعلات الأقطاب الكهربائية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

فكّر كمهندس:

يجب على مهندسي تصميم المركبات الكهربائية أن يقرروا أيًّا من التالي يستخدمون:

- بطاريات الرصاص الحمضية
- بطاريات أيون – الليثيوم
- خلايا وقود الهيدروجين

التحدي: أي تقنية تختارها لكل مما يلي؟

- حافلة مدرسي. .....
- سيارة ركاب. .....
- نظام إمداد الطاقة غير المنقطعة. .....

فسر اختيارك باستخدام دليل علمي. .....

٢. كمية الكهربية:

(أ) **التعبير عن كمية الكهربية**: كمية الكهرباء الناتجة من إمرار تيار كهربي شدته 1 A لمدة ثانية واحدة يُعبَّر عنها بوحدة تسمى 1 كولوم (C).

(ب) **ثابت فاراداي**: مقدار كمية الكهربية لكل (1 mole) من الإلكترونات، ويُرمز له بالرمز F.

$$F = 9.65 \times 10^4\ C/mol$$

- يمكن حساب كمية الكهربية المتدفقة باستخدام ثابت فاراداي:

إجمالي الشحنة الكهربية بالكولوم [C] = ثابت فاراداي [C/mol] × كمية مادة الإلكترونات [mol]

(جـ) **المعادلات الكيميائية للخلايا**: في الخلية، بما أن التفاعلات الحادثة عند كل قطب مختلفة، ضع في اعتبارك معادلة التفاعل التي ستستخدمها وفقًا لما تريد إيجاده.

تفاعلات وشحنات أساسية:

الخلية	الأنود (–، أكسدة)	الكاثود (+، اختزال)
الرصاص الحمضية	$Pb + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2e^-$	$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-}\ 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$
خلية الوقود (H_3PO_4)	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$	$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

تطبيق حياتي:

بطاريات السيارات:

توفر بطاريات الرصاص الحمضية الدفعة الكبيرة من الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل محركات المركبات.

المركبات العاملة بالهيدروجين:

تولّد خلايا الوقود الكهرباء، بينما تنتج الماء فقط كمنتج ثانوي.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مثال:

أجب عما يلي، علمًا بأن ثابت فاراداي: $(F = 9.65 \times 10^4\ C/mol)$ $(H = 1.0, O = 16, S = 32)$:

(أ) اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه:

تتكون بطارية الرصاص الحمضية من (A) والرصاص كأقطاب في حمض الكبريتيك المخفف.

وعندما يتحول 1.0 mole من الرصاص تحولًا كاملًا أثناء التفريغ، يمكن الحصول على كمية من الكهرباء (B) [كولوم C]، وينخفض مستوى حمض الكبريتيك المخفف بمقدار (C) [gm]. عند شحن بطارية الرصاص الحمضية، قم بتوصيل الرصاص بالقطب (D) لمصدر خارجي للطاقة الكهربية، عند الشحن، كتلة كلتا ألواح القطبين هي (E)

(i) إملأ الفراغات من (E) : (A) بالكلمات والقيم العددية المناسبة. قرب النتيجة إلى رقمين عشريين.

(ii) عبِّر عن التغيرات التي تحدث أثناء شحن بطارية الرصاص الحمضية بمعادلة كيميائية.

(ب) اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه:

خلية الوقود هي جهاز يحول طاقة تفاعل احتراق إلى طاقة كهربائية باستخدام الوقود والأكسجين.

في خلية وقود تحتوي على محلول مائي من حمض الفوسفوريك كإلكتروليت، يتم (A) الهيدروجين عند (B) ليصبح (C)، الذي ينتقل عبر الإلكتروليت ويتفاعل مع الأكسجين عند (D) ليصبح (E)

(i) املأ الفراغات من (E) : (A) بالكلمات المناسبة.

(ii) عبّر عن التفاعلات التي تحدث عند كل من الأنود والكاثود باستخدام معادلات أيونية مع الإلكترونات e^-.

الشرح

(أ) (i) **A:** أكسيد الرصاص (IV)

B: بما أن مقدار التغير في الرصاص معلوم والمطلوب إيجاد كمية الكهرباء، ضع في اعتبارك تفاعل المصعد.

من تفاعل المصعد: $Pb + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2e^-$ عندما يتحول 1.0 mol من الرصاص، يتدفق 2.0 mol من الإلكترونات.

بما أن كمية الكهرباء المتدفقة [C] = ثابت فاراداي [C\mol] × كمية مادة الإلكترونات [mol]، فإن كمية الكهرباء =

$2.0\ mol \times 9.65 \times 10^4\ C/mol = 1.93 \times 10^5\ C \approx 1.9 \times 10^5\ \ C\ 1.9 \times 10^5$

C: بما أننا نتعامل مع مقدار النقص في حمض الكبريتيك المخفف، ضع في اعتبارك التفاعل الكلي.

$$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$$

عندما يتحول 1.0 mol من الرصاص، يقل حمض الكبريتيك بمقدار 2.0 mol ويزداد الماء بمقدار 2.0 mol، وبما أن : $H_2SO_4 = 98g/mol$ و $H_2O = 18g/mol$ ، فإن مقدار النقص في حمض الكبريتيك المخفف هو:

$(98 - 18)\ g/mol \times 2.0\ mol = 160 = 1.6\ mol\ 10^2\ g \quad 1.6 \times 10^2$

D: صل الأنود والكاثود لبطارية الرصاص الحمضية بالقطبين السالب والموجب لمصدر الطاقة الخارجي على الترتيب.

أثناء الشحن، يُوصَّل الطرف السالب لبطارية الرصاص الحمضية (الرصاص) بالطرف السالب لمصدر الطاقة الخارجي، فيعمل كاثود (سالب)

التصورات الخطأ

المفهوم الخاطئ:

«الكهرباء مخزنة داخل الأسلاك».

التفسير العلمي:

تتولد الطاقة الكهربائية عن طريق انتقال الإلكترونات أثناء تفاعلات الأكسدة والاختزال؛ توفر الأسلاك ببساطة مسارًا لتدفق الإلكترونات.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

E: أثناء التفريغ: يتحول Pb و PbO_2 إلى $PbSO_4$، مما يزيد كتلة القطب بينما أثناء الشحن، تحدث تفاعلات عكسية، مما يقلل كتلة القطب **تنقص**.

(ii) أثناء الشحن، يحدث التفاعل في الاتجاه العكسي للتفريغ.

لذلك: $2PbSO_4 + 2H_2O \rightarrow Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4$

(ب) (i) **A**: تأكسد **B**: الأنود **C**: أيونات الهيدروجين **D**: الكاثود **E**: الماء

(ii) المصعد: $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

المهبط: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

طبيعة العلم: تحديد المتغيرات:

يريد عالم أن يبحث كيف تعتمد كمية الشحنة الكهربائية الناتجة من بطارية رصاص حمضية على مقدار الرصاص الذي يتفاعل أثناء التفريغ.

- تُحضَّر عدة بطاريات رصاص حمضية متطابقة.
- يغيِّر العالم مقدار الرصاص المتاح في كل بطارية مع إبقاء جميع الظروف الأخرى ثابتة. ثم تُقاس إجمالي الشحنة الكهربائية الناتجة.

١. ما المتغير المستقل؟ .....

٢. ما المتغير التابع؟ .....

٣. ما المتغيرات التي ينبغي التحكم فيها لضمان اختبار عادل؟ .....

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي مما يلي يعبر عن التغير الحادث لتركيز حمض الكبريتيك أثناء تفريغ بطارية الرصاص الحمضية؟

(أ) يزداد (ب) يبقى ثابتًا

(جـ) ينقص (د) يتضاعف

الإجابة: .....

٢. أي من المواد التالية تُنتَج عند كاثود خلية وقود الهيدروجين؟

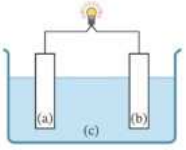
(أ) غاز الهيدروجين (ب) حمض الكبريتيك

(جـ) الماء (د) غاز الأكسجين

الإجابة: .....

أجب عن الأسئلة التالية:

٣. من الشكل المقابل والذي يعبر عن بطارية الرصاص الحامضية:



علمًا بأن ثابت فاراداي $(F = 9.65 \times 10^4\ C/mol)$

$(H = 1.0 ، O = 16 ، S = 32 ، Pb = 207)$

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(أ) ما المواد المستخدمة لـ (a) الأنود (−)، و(b) الكاثود (+)، و(C) الإلكتروليت؟
أجب بصيغتها الكيميائية.

(ب) عبِّر عن التفاعلات عند الأنود (−) والكاثود (+) أثناء التفريغ باستخدام معادلات أيونية تتضمن e^-، على التوالي.

(جـ) عبّر عن التفاعل الكلي للبطارية أثناء التفريغ بمعادلة كيميائية.

(د) كيف يتغير تركيز الإلكتروليت نتيجة التفريغ؟

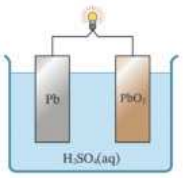
(هـ) بعد تفريغ هذه البطارية لفترة معينة، تم شحنها، وقلّت كتلة الأنود بمقدار 7.2 g. ما مقدار كمية الكهرباء بوحدة [C] التي تدفقت أثناء الشحن؟ إجابتك لرقمين عشريين

تدرب:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. الشكل المقابل يعبر عن مخطط لبطارية رصاص حمضية. أجب عن الأسئلة التالية.

$(H = 1.0, O = 16, S = 32, Pb = 207)$



(أ) اذكر اسم المادة المستخدمة للكاثود (+).

(ب) عبِّر عن التفاعلات عند الكاثود (+) والأنود (−) أثناء التفريغ باستخدام معادلات أيونية تتضمن e^-، على التوالي.

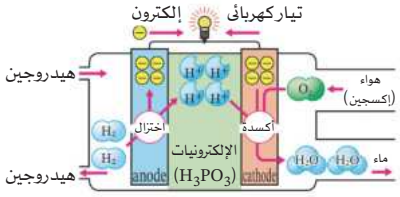
(جـ) عبِّر عن التفاعل الكلي للبطارية أثناء التفريغ بمعادلة كيميائية.

(د) كيف يتغير تركيز الإلكتروليت بسبب التفريغ؟

(هـ) عندما تتدفق كمية كهرباء تعادل 1.0 mol من الإلكترونات، كم (gm) تزداد أو تقل كتلة القطب الموجب؟ إجابتك لرقمين عشريين.

٢. الشكل المقابل يعبر عن مخطط لخلية وقود (نوع حمض الفوسفوريك). تستخلص خلية الوقود طاقة كهربية من تفاعل الهيدروجين (الوقود) والأكسجين.

أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) بخصوص خلية الوقود (نوع حمض الفوسفوريك)، التفاعل (a) يحدث عند الكاثود (+)، والتفاعل (b) يحدث عند الأنود (−) والتفاعل الكلي (C)

- اكتب المعادلات الأيونية التي تتضمن e^-، التي تعبر عن (a) و (b)
- اكتب معادلة التفاعل (C).

(ب) احسب كمية الكهرباء المتدفقة عندما يُستهلَك 5.6 L من الهيدروجين عند 0°C وضغط 1.013×10^5 Pa بفرض وجود وفرة من الأكسجين. (ثابت فاراداي: $F = 9.65 \times 10^4$ C/mol) عبِّر عن إجابتك برقمين عشريين.

تحدَّ تفكيرك:

تنفذ بطارية الرصاص الحمضية تمامًا، مما يؤدي إلى تدفق 3.0 mol من الإلكترونات.

باستخدام: $F = 9.65 \times 10^4$ C/mol **احسب:**

١. إجمالي الشحنة المنتجة. .....

٢. هل ستكون الشحنة أكبر أم أصغر إذا تدفق 5.0 mol من الإلكترونات؟ .....

٣. اشرح تفكيرك .....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٥-٢ — التفاعلات عند الأقطاب الكهربائية (١)

مقدمة

تريد إحدى الشركات إنتاج الهيدروجين كوقود ومصدر للطاقة النظيفة والكلور لمعالجة المياه. بدلًا من إضافة مواد كيميائية، فقام المهندسون بتمرير تيارًا كهربائيًّا عبر محلول ملحي. وبعد دقائق قليلة، ظهرت فقاعات من غازات عند كل من القطبين، وتكونت مواد جديدة تمامًا.

دعنا نستكشف في هذا الدرس: كيف يمكن للكهرباء أن تحوِّل المادة إلى منتجات جديدة؟

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن للطاقة الكهربائية أن تحفز تفاعلات كيميائية غير تلقائية على الحدوث، وكيف يتنبأ الكيميائيون بالمواد التي ستتكوَّن عند كل قطب؟

بنية العلم

حقيقة أساسية:

تتوقف نواتج التحليل الكهربائي على كل من الأيونات الموجودة في المحلول ونوع القطب المستخدم.

المفاهيم لأساسية:

- التحليل الكهربائي
- التفاعلات عند الأقطاب
- غشاء التبادل الكاتيوني
- طريقة غشاء التبادل الأيوني.

تعلم

التحليل الكهربائي:

(أ) التحليل الكهربائي:

- عملية تستخدم فيها الطاقة الكهربائية لحدوث تفاعلات الأكسدة والاختزال غير التلقائية.
- تتوقف التفاعلات التي تحدث عند الأقطاب على نوع الأقطاب الكهربية ونوع الأيونات الموجودة في المحلول المائي.

(ب) التفاعلات عند الأقطاب:

«التفاعلات عند الأنود»

(i) عند استخدام قطب من البلاتين أو الكربون (قطب خامل):

- في حالة وجود **أيونات الهاليد** (مثل I^- ، Cl^-)، تتأكسد أيونات الهاليد إلى **عناصرها**.

مثال: $2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$

- في حالة وجود أيونات أخرى (مثل أيونات الكبريتات SO_4^{2-} وأيونات النترات NO_3^-):

... عندما يكون المحلول المائي حمضيًّا أو متعادلًا، يتأكسد الماء H_2O ويتصاعد غاز الأكسجين O_2

$$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$$

... عندما يكون المحلول المائي قاعديًّا، تتأكسد أيونات الهيدروكسيد OH^- ويتصاعد غاز الأوكسجين O_2

$$4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$$

(ii) عند استخدام قطب آخر غير البلاتين أو الكربون (فلز):

تتأكسد ذرات فلز القطب ويذوب في شكل أيونات موجبة.

مثال: $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

«التفاعلات عند الكاثود» ..... لا يؤثر نوع الكاثود على ناتج التحليل الكهربي

(i) في حالة وجود أيونات فلز أقل نشاطًا من الهيدروجين (مثل Cu^{2+} ، Ag^+) عند الكاثود، تُختزل وتترسب في صورة فلزاتها.

مثال: $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ii) في حالة وجود أيونات فلز أعلى نشاطًا من الهيدروجين، يُختزل الماء عند الكاثود بدلًا من أيونات الفلز، ويتصاعد غاز الهيدروجين:

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$$

(iii) عندما يكون المحلول المائي حمضيًّا، تُختزل أيونات الهيدروجين (H^+) عند الكاثود ويتصاعد غاز الهيدروجين:

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$

(جـ) مثال على التحليل الكهربائي:

«التحليل الكهربي لمحلول مائي لحمض الكبريتيك H_2SO_4 (حمض كبريتيك مخفف) باستخدام أقطاب من البلاتين»

في حالة الأقطاب المصنوعة من البلاتين، توجد أيونات الكبريتات (SO_4^{2-})، والمحلول المائي حمضي.

(1) عند الأنود: $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

(2) عند الكاثود: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

الاستكشاف استقصائي:

الخلية	الإلكتروليت	القطب
A	NaCl(aq)	كربون
B	$AgNO_3$(aq)	فضة
C	NaOH(aq)	بلاتين

١. ما الأيونات الموجودة في كل محلول؟ .....

٢. ما الأيونات الأكثر احتمالًا لاكتساب إلكترونات؟ .....

٣. ما الجسيمات الأكثر احتمالًا لفقد إلكترونات؟ .....

طريقة غشاء التبادل الأيوني:

(أ) **غشاء التبادل الكاتيوني:** غشاء لا يمر من خلاله سوى الأيونات الموجبة (الكاتيونات).

(ب) **طريقة غشاء التبادل الأيوني:** طريقة تصنيع هيدروكسيد الصوديوم باستخدام غشاء تبادل كاتيوني.

❶ بالتحليل الكهربي لمحلول مائي لكلوريد الصوديوم باستخدام قطبي كربون وحديد.

تفاعل المصعد: $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

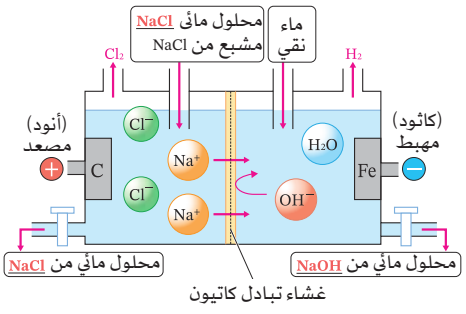
تفاعل المهبط: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

يتصاعد غاز الكلور Cl_2 عند الأنود، ويتصاعد غاز الهيدروجين H_2 عند الكاثود

❷ بمرور Na^+ عبر غشاء التبادل الكاتيوني، متوجهًا للكاثود.

❸ عند الكاثود، يزداد تركيز OH^- ، Na^+

⟸ يتم الحصول على هيدروكسيد صوديوم عالي النقاء بتركيز محلول غرفة الكاثود.



D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

تطبيق حياتي:

اقتصاد الهيدروجين: يعتمد المجتمع حاليًّا على الوقود الأحفوري (الفحم، النفط، الغاز)، لكن حرقها يُطلق CO_2، والذي له تأثير الاحتباس الحراري وارتفاع مستوى سطح البحر. الهيدروجين (H_2) بديل مثالي لأن احتراقه ينتج الماء فقط، مما يجعله وقودًا متجددًا وغير ملوث. يعتمد «اقتصاد الهيدروجين» على تقنيتين كلتاهما كهروكيميائية:

١. التحليل الكهربائي للماء – باستخدام الطاقة الشمسية لتفكيك الماء إلى هيدروجين.

٢. خلايا الوقود – تحويل الطاقة الكيميائية للهيدروجين إلى طاقة كهربية.

يُعد إتقان علم الكيمياء الكهربائية مفتاحًا لمستقبل مستدام وخالٍ من الكربون.

مثال:

بالتحليل الكهربي للمحاليل (a ، b ، c). اكتب نصف تفاعل الأكسدة أو الاختزال الذي يحدث عند كل قطب من الأقطاب.

	(a)	(b)	(c)
الإلكتروليت	محلول كلوريد النحاس (II)	محلول نترات الفضة	محلول هيدروكسيد الصوديوم
الأنود (المصعد)	C	Ag	Pt
الكاثود (المهبط)	C	Ag	Pt

الشرح

(a) عند الأنود (الكربون): يتأين كلوريد النحاس (II)، و تتجه أيونات الكلوريد Cl^- إلى الأنود، التي تتأكسد إلى غاز الكلور. $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

عند الكاثود (الكربون): يتأين كلوريد النحاس (II)، وتتجه أيونات النحاس Cu^{2+} إلى الكاثود (فلز أقل نشاطًا من الهيدروجين)، تُختزل الأيونات ويترسب فلز النحاس. $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

(b) عند الأنود: بما أن القطب من الفضة، تتأكسد ذرات فلز القطب وتذوب كأيونات موجبة

$$Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$$

عند الكاثود: تتأين نترات الفضة، وتتجه أيونات الفضة Ag^+ (فلز أقل نشاطًا من الهيدروجين)، تختزل إلى ذرات فضة تترسب $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

(c) عند الأنود: القطب من البلاتين، ومحلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) المائي قاعدي. في هذه الحالة، تتأكسد أيونات الهيدروكسيد OH^-.

$$4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$$

عند الكاثود: يتأين هيدروكسيد الصوديوم، وتوجد أيونات فلزات أكثر نشاطًا من الهيدروجين، Na^+ في هذه الحالة، يُختزل الماء H_2O، و يتصاعد غاز H_2.

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$$

فكّر كعالم كيميائي:

يقول أحد الطلاب: «يجب أن يتكوَّن معدن الصوديوم أثناء التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم لأن أيونات الصوديوم موجودة».

قيِّم هذه العبارة:

- هل الصوديوم أكثر نشاطًا من الهيدروجين؟ .....
- أي نوع أسهل في الاختزال؟ .....
- ما الدليل الذي يدعم استنتاجك؟ .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. بالتحليل الكهربي لمحاليل الإلكتروليتات المائية الموضحة في الجدول.

عبِّر عن التغيرات من A إلى F التي تحدث عند كل قطب بمعادلة نصف تفاعل الأكسدة أو الاختزال.

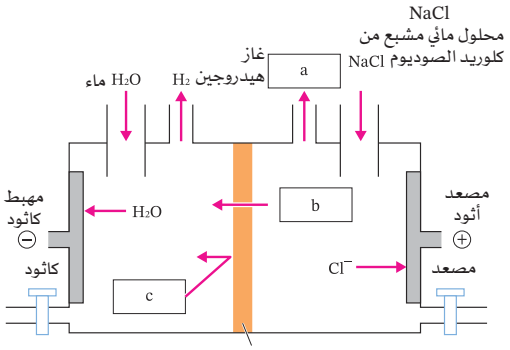
المحلول المائي	المهبط	التغير	المصعد	التغير
(أ) حمض الكبريتيك المخفف	Cu	(A)	Cu	(B)
(ب) محلول هيدروكسيد الصوديوم	Pt	(C)	Pt	(D)
(جـ) محلول كبريتات النحاس (II)	Pt	(E)	Pt	(F)

الإجابة .....

اختر الإجابة الصحيحة:

٢. من الشكل التخطيطي الموضح لإنتاج هيدروكسيد الصوديوم صناعيًّا بطريقة غشاء التبادل الأيوني.

اخترأنسب مجموعة من الصيغ الكيميائية من (1) إلى (6) لإدراجها في الشكل أدناه a إلى c.



غشاء تبادل كاتيونات (شبه منفذ)

	(a)	(b)	(c)
(1)	O_2	Na^+	OH^-
(2)	O_2	OH^-	OH^-
(3)	O_2	Na^+	Cl^-
(4)	Cl_2	OH^-	Cl^-
(5)	Cl_2	Na^+	Cl^-
(6)	Cl_2	Na^+	OH^-

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أثناء التحليل الكهربائي لـمحلول مائي من $AgNO_3(aq)$، يترسب فلز الفضة عند الكاثود لأن:

(أ) أيونات Ag^+ يسهل اختزالها

(ب) الماء يتأكسد

(جـ) أيونات النترات تكتسب إلكترونات

(د) الفضة نشطة كيميائيًّا جدًّا

الإجابة: .....

٢. أي من العوامل التالية عامل يمكن أن يغير من نواتج التحليل الكهربائي؟

(أ) لون الوعاء

(ب) مادة القطب

(جـ) شكل الكأس

(د) موضع مصدر الطاقة

الإجابة: .....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٣. عند إجراء التحليل الكهربائي للإلكتروليتات وباستخدام الأقطاب الموضحة في الجدول من (a) إلى (d) في الجدول، عبِّر عن التفاعلات الحادثة عند الأنود والكاثود باستخدام معادلات نصف التفاعل على الترتيب.

	(a)	(b)	(c)	(d)
الإلكتروليت	حمض كبريتيك مخفف	محلول KOH	محلول $CuSO_4$	محلول NaCl
المصعد	Pt	Pt	Cu	C (جرافيت)
المهبط	Pt	Pt	Fe	Fe

الإجابة: .....

تحدَّ تفكيرك:

بالتحليل الكهربي لمحلول مائي مركَّز من كلوريد الصوديوم باستخدام أقطاب من الكربون.

١. حدِّد جميع الأيونات الموجودة. .....

٢. تنبأ بالناتج عند الأنود. .....

٣. تنبأ بالناتج عند المهبط. .....

٤. اشرح لماذا لا يتكوَّن فلز الصوديوم. .....

٥. تنبأ كيف تتغير درجة الحامضية (pH) في غرفة الكاثود. .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٦-٢ – التحليل الكهربائي (٢)
(كمية الكهرباء، خليتان تحليليتان)

مقدمة

تستخدم إحدى الشركات التحليل الكهربائي لإنتاج نحاس نقي للأسلاك الكهربائية. يعرف المهندسون بالضبط كمية النحاس التي ستترسب قبل أن تبدأ العملية – ليس بوزن النحاس، بل بقياس التيار الكهربائي المتدفق عبر الكهربية.

في هذا الدرس، سنستكشف العلاقة بين كمية الكهرباء والإلكترونات والتغير الكيميائي، ونكتشف كيف يستخدم الكيميائيون الأدلة الكمية للتنبؤ بالإنتاج الصناعي.

سؤال توجيهي: كيف يمكن للكيميائيين التنبؤ بمقدار المادة الناتجة من التحليل الكهربائي باستخدام قياسات كهربائية فقط مثل التيار والزمن؟

الاستكشاف

يمكن للطلاب طلاء عملة معدنية أو مفتاح معدني كهربائيًّا باستخدام محلول كبريتات النحاس.

الملاحظة:

قبل التحليل الكهربائي: .....

بعد التحليل الكهربائي: .....

الاستنتاج: .....

تعلم

١. التحليل الكهربي والكمية الكهربية:

(أ) **حساب كمية الكهرباء:** كمية الكهرباء (C) = التيار (A) × الزمن (S)

(ب) **ثابت فاراداي F:** كمية الكهرباء لكل 1 مول من الإلكترونات.. $F = 9.65 \times 10^4$ C/mol

(جـ) كتلة المادة الناتجة بالتحليل الكهربي (m) تتناسب تناسبًا طرديًّا مع كمية الكهربية (Q) المارة في الإلكتروليت.

- التعبير $Q \propto m$
- بما أن $Q = I \times t$ (التيار × الزمن)، يمكننا كتابة المعادلة كالتالي : $m = ZIt$
- m كتلة المادة المترسبة (gm).
- Q = كمية الكهرباء المارة (Coulomb).
- I = التيار (Ampere).
- t = الزمن (Sec).
- Z = المكافئ الكهروكيميائي للمادة.

– المكافئ الكهروكيميائي (Z): هو كتلة المادة المترسبة نتيجة مرور كمية من الكهرباء مقداره كولوم واحد (1C) وتُحسب قيمته بالصيغة التالية: $Z = \frac{\text{الكتلة المولية}}{nf}$

- n = عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة لكل مول من المادة (التي تمثل تكافؤ العنصر في تفاعل الأكسدة والاختزال).
- F = ثابت فاراداي (9.65×10^4 C)، ويمثل شحنة 1 mol من الإلكترونات.

بنية العلم

حقيقة أساسية:

كمية المادة الناتجة بالتحليل الكهربائي تتناسب طرديًا مع كمية الكهرباء التي تمر عبر الدائرة.

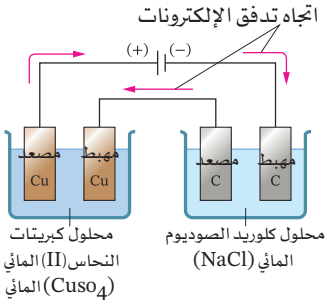
المفاهيم الأساسية:

- التحليل الكهربائي
- كمية الكهرباء
- ثابت فاراداي
- الأكسدة
- الاختزال
- التنقية الكهربية

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. التحليل الكهربائي باستخدام خليتين تحليليتين:

عند توصيل خلايا تحليلية فإن التحليل الكهربي يحدث لكل إلكتروليت على حدة عند أقطاب كل خلية، حيث تتحرك الإلكترونات عبر الخليتين التحليليتين.



شكل 2.6.1 التحليل الكهربائي باستخدام خليتين إلكتروليتيتين

(أ) التفاعلات عند الأقطاب في الشكل الذي أمامك:

(i) التفاعلات في محلول $CuSO_4$:

الأقطاب من النحاس Cu ، أيونات Cu^{2+} في المحلول المائي

عند الأنود : $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

عن الكاثود: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

(ii) التفاعلات في محلول NaCl:

الأقطاب من الكربون، ويوجد أيونات Na^+ , Cl^- في المحلول المائي

عند الأنود: $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

عند الكاثود: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$

(ب) الدائرة ومقدار كمية الكهرباء:

عندما تُوصَّل الخليتان التحليليتان A و B على التوالي،

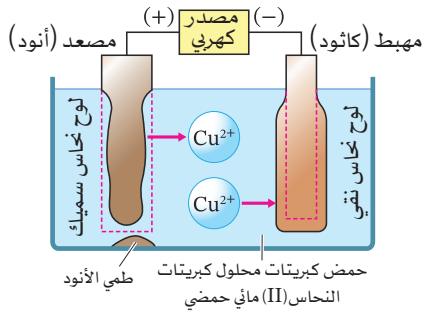
وتكون كمية الكهرباء المارة في الخليتين A و B هي Q_a و Q_B على الترتيب وكمية الكهربية المارة عبر الدائرة بأكملها هي Q ، فإن العلاقة $Q = Q_a = Q_B$.

كمية الكهربية [C] = التيار [A] × الزمن [S] في الدائرة الكهربائية المتسلسلة، يكون التيار الذي يمر عبر الدائرة متساويًا في كل أجزائها

٣. تنقية النحاس كهربيًّا:

(أ) التنقية الكهربية: الحصول على فلز نقي من فلز يحتوي على شوائب باستخدام التحليل الكهربائي.

(ب) التنقية الكهربية للنحاس: عن طريق صهر الكالكوبيريت (بايرايت النحاس)، وهو أحد خامات النحاس، يتم الحصول على «نحاس غير نقي» بنسبة نقاوة تصل إلى حوالي 99%، ومن ثَمَّ بإجراء عملية التنقية الكهربائية له، يتم الحصول على «نحاس نقي» بنسبة نقاوة تصل إلى 99.99% أو أكثر.



شكل 2.6.2 التحليل الكهربائي لتنقية النحاس

«آلية التنقية الكهربائية للنحاس»:

❶ اجعل لوح النحاس غير النقي هو **الأنود (+)** ولوح النحاس النقي هو **الكاثود (-)**.

❷ **عند الأنود:** تفقد ذرات النحاس إلكترونات وتذوب في صورة أيونات نحاس (II).

المعادلة الكيميائية: $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

عند الكاثود: تكتسب أيونات النحاس (II) إلكترونات وتترسب في صورة فلز نحاس.

المعادلة الكيميائية: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

❸ **عند الأنود:** يترسب الذهب والفضة وفلزات أخرى أقل نشاطًا موجودة في النحاس غير النقي كعناصر. يُسمى هذا الترسب «**طمي الأنود**».

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

علاقات أساسية لكمية الكهرباء:

العلاقة	الصيغة
كمية الكهربية من التيار والزمن	$Q\,[C] = I\,[A] \times t\,[s]$
كمية الكهربية من الإلكترونات	$Q\,[C] = F \times n\,(e^-),\ F = 9.65 \times 10^4\ C/mol$
الخلايا على التوالي	$Q = Qa = QB$ (نفس الإلكترونات عبر كل خلية)
تنقية النحاس	النحاس غير النقي = الأنود (+)، النحاس النقي = الكاثود (−)؛ Au/Ag ← طمي المصعد

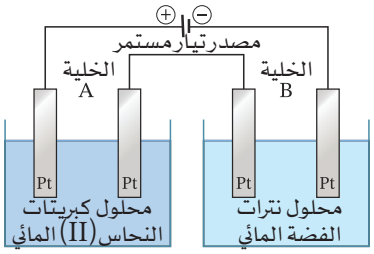
تطبيق حياتي:

تضمن التنقية الكهربية موصلية كهربية أفضل، وفقدانًا أقل للطاقة، وأجهزة إلكترونية أكثر مصداقية. بدون التحليل الكهربائي، لن تعمل أنظمة الاتصالات الحديثة بكفاءة.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) في الشكل المقابل:



وُضع محلول كبريتات النحاس (II) المائي في الخلية التحليلية A، ومحلول نترات الفضة المائي في الخلية التحليلية B، وأُجري التحليل الكهربي باستخدام أقطاب البلاتين. و بإمرار تيار كهربي ثابت الشدة، زادت كتلة كاثود الخلية B بمقدار 5.4 g.

أجب عن الأسئلة التالية. لأقرب رقمين عشريين.

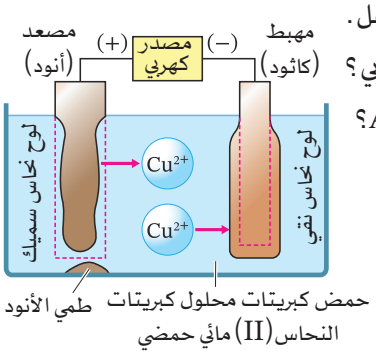
$(Cu = 64,\ Ag = 108)$ (ثابت فاراداى $F = 9.65 \times 10^4\ C/mol$)

(i) اكتب التفاعل عند كاثود الخلية B كمعادلة نصف تفاعل.

(ii) ما كمية الكهرباء بوحدة (C) اللازمة لهذا التحليل الكهربي؟

(iii) ما كتلة النحاس (gm) التي تترسب عند كاثود الخلية A؟

(ب) اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه:



النحاس المستخلص من الكالكوبيريت (بايرايت النحاس) نحاس غير نقي ويحتوي على شوائب مثل الذهب والفضة والحديد والزنك.

بجعل النحاس غير النقي القطب (A) والنحاس النقي القطب (B)، يُجري التحليل الكهربي لمحلول كبريتات النحاس (II) المائي للحصول على نحاس نقي. و بالتالي، تترسب الفلزات ذات النشاط (C) مثل الذهب والفضة كعناصر عند قاع القطب، ويُسمى هذا الراسب (D).

(i) أجب بالكلمات التي تناسب من A إلى D.

(ii) عبِّر عن التفاعلات عند الأنود والكاثود باستخدام معادلات نصف التفاعل.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الشرح

(أ) (i) في المحلول المائي للخلية التحليلية B، توجد أيونات فلز أقل نشاطًا، Ag^+

$$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$$

(ii) ضع في اعتبارك التفاعل عند كاثود الخلية التحليلية B، الذي تزداد كتلته.

من معادلة التفاعل في (1)، يتضح أنه ليترسب 1mole من Ag، يتطلب 1mol من الإلكترونات.

وبما أن الزيادة في كتلة كاثود الخلية التحليلية B 5.4 g من Ag.

فإن كمية مادة Ag المتكونة هي. $\frac{5.4\ g}{108\ g/mol} = 5.0 \times 10^{-2}\ mol$

لذلك، فإن عدد مولات الإلكترونات المارة في المحلول أيضًا $5.0 \times 10^{-2}\ mol$. وبذلك، فإن كمية الكهرباء المطلوبة هي:

$$9.65 \times 10^4\ C/mol \times 5.0 \times 10^{-2}\ mol = 4.825 \times 10^3 \approx 4.8 \times 10^3\ C$$

(iii) التفاعل عند كاثود الخلية التحليلية A هو $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$. من معادلة التفاعل، يتضح أنه ليترسب 1mole من Cu يتطلب 2 mol من الإلكترونات.

بما أن التيار المار عبر الدائرة هو نفسه في كل جزء، فإن عدد مولات الإلكترونات المارة في الخليتين هو نفسه أيضًا.

الإلكترونات المارة في الخلية التحليلية A هي $5.0 \times 10^{-2}\ mol$، وكمية مادة Cu المتكونة هي $5.0 \times 10^{-2} \times \frac{1}{2}\ mol$؛ لذلك، كتلة النحاس المترسب هي:

$$64\ g \times 5.0 \times 10^{-2} \times \frac{1}{2}\ mol = 1.6\ g$$

(ب) (i) (١) الأنود (٢) الكاثود (٣) منخفض (٤) طمي الأنود

(ii) **الأنود:** $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

المهبط: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

طبيعة العلم: تحديد المتغيرات

يريد عالم أن يبحث تأثير التيار الكهربي على كتلة النحاس المترسب أثناء التحليل الكهربي.

١. ما المتغير المستقل؟

.....

٢. ما المتغير التابع؟

.....

٣. ما المتغيرات التي ينبغي التحكم فيها لضمان إجراء تجربة عادلة؟

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

1. أي المعادلات التالية تعبر عن العلاقة بين التيار والزمن مباشرةً بكمية الكهرباء؟

(أ) $PV = nRT$ (ب) $Q = It$ (جـ) $\pi = cRT$ (د) $\Delta t = Km$

الإجابة: .....

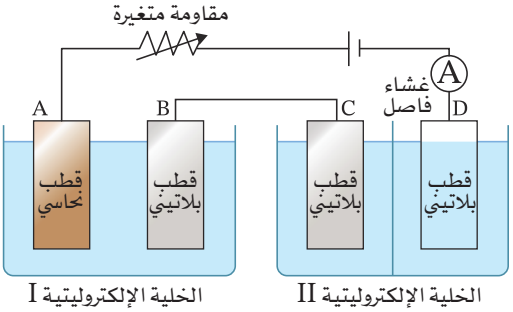
2. في التنقية الكهربائية للنحاس، يعمل النحاس غير النقي كـ:

(أ) كاثود (ب) إلكتروليت (جـ) أنود (د) قنطرة ملحية

الإجابة: .....

أجب عن الأسئلة التالية:

3. جُمِّع جهاز تحليل كهربائي كما هو موضح في الشكل، ووُضع محلول كبريتات النحاس (II) المائي في الخلية التحليلية I، ومحلول كبريتات الصوديوم المائي في الخلية التحليلية II.



باستخدام هذا الجهاز، أُجري التحليل الكهربائي لمدة 32 min و 10 s مع الحفاظ على التيار عند 10A.

أجب عن الأسئلة التالية:

افترض ثابت فاراداي $F = 9.65 \times 10^4$ C/mol.

(أ) كم عدد مولات الإلكترونات التي تدفقت؟

(ب) عبِّر عن التغيرات الحادثة عند القطبين A وB باستخدام معادلات نصف التفاعل.

(جـ) أي القيم التالية أقرب إلى [تغير الكتلة g] للقطب A في الخلية التحليلية I بعد التحليل الكهربائي؟ (Cu = 64)

١. −19.2 **٢.** −12.8 **٣.** −6.4 **٤.** 0± **٥.** +12.8 **٦.** +19.2 **٧.** +6.4

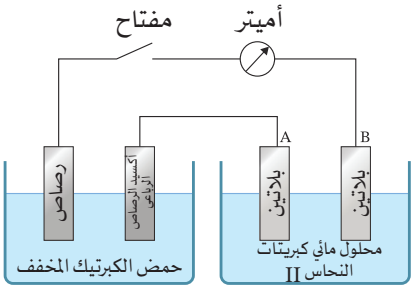
(د) ما الحجم بوحدة L للغاز المتصاعد عند القطب C للخلية التحليلية II عند 0 °C وضغط 1.013×10^5 Pa؟ أجب لأقرب رقمين عشريين.

(هـ) ما الخاصية التي يُظهرها المحلول المائي القريب من القطب D في الخلية التحليلية II بعد التحليل الكهربائي؟

تدرب:

١. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه: افترض أن ثابت فاراداي $F = 9.65 \times 10^4$ C/mol ، (H = 1.0, O = 16, S = 32, Cu = 64, Pb = 207)

كما هو موضح في الشكل، وُصلت بطارية رصاص حمضية وخلية تحليلية وأميتر على التوالي.



تحتوي الخلية التحليلية على 200mL من محلول كبريتات النحاس (II) المائي بتركيز 0.200 mol/L. استُخدمت ألواح بلاتين لأقطاب الخلية التحليلية، وأُجري التحليل الكهربائي بتيار 2.00 A لمدة 32 min و10s. في الخلية التحليلية، يعمل قطب البلاتين A في الشكل أنود، ويعمل قطب البلاتين B كاثود. عند القطب B، يترسّب (i).

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

بطارية الرصاص الحمضية المستخدمة للتحليل الكهربائي هي بطارية يُستخدم فيها حمض كبريتيك مخفف بكثافة $1.20\ g/cm^3$ وتركيز 30.0٪ بالكتلة، ويُغمر الرصاص كأنود (−) وأكسيد الرصاص (IV) كاثود (+).

(I) عند قطب الرصاص، يحدث تفاعل (ii)، و (II)عند قطب أكسيد الرصاص (IV)، يحدث تفاعل (iii). عندما يستمر التفريغ، يتكوَّن راسب أبيض (iv) على كلا القطبين، وتقل القوة الدافعة الكهربائية.

يمكن شحنها بتوصيل أقطاب بطارية رصاص حمضية مفرَّغة بأقطاب مصدر طاقة خارجي وتمرير الكهرباء.

(أ) اختر الكلمات المناسبة لوضعها في النص بدلًا من (i) إلى (iv) من الكلمات التالية، يمكن استخدام الكلمة نفسها بشكل متكرر:

[الأكسدة، الاختزال، النحاس، الرصاص، كبريتات النحاس (II)، كبريتات الرصاص (II)، أكسيد النحاس (II)، أكسيد الرصاص (IV)]

(ب) اكتب معادلات نصف التفاعل لكل من (I) و(II) الموضحين بخط تحت كل منها في النص، مع توضيح انتقال الإلكترونات.

(جـ) باستخدام أقطاب بلاتين، اكتب معادلة نصف التفاعل عند القطب A (الجزء I) ثم، عند استبدال أقطاب البلاتين بأقطاب نحاس، اكتب معادلة نصف التفاعل عند القطب A (الجزء II).

(د) احسب التغير في كتلة الأنود الرصاصي (−) لبطارية الرصاص الحمضية، متضمنًا الزيادة أو النقصان، لأقرب رقمين عشريين.

تحدَّ تفكيرك:

تُوصَّل خليتان تحليليتان على التوالي:

- الخلية A تحتوي على محلول $CuSO_4$.
- الخلية B تحتوي على محلول $AgNO_3$.

أثناء التحليل الكهربائي، ترسب 10.8 g من الفضة في الخلية B.

دون استخدام المثال من الدرس مباشرةً:

١. حدِّد عدد مولات الفضة الناتجة. .....

٢. احسب عدد مولات الإلكترونات المنقولة. .....

٣. احسب كتلة النحاس المترسب في الخلية A. .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٧-٢ — سرعة التفاعل

مقدمة

قد تستغرق قطعة من الحديد متروكة في الهواء الطلق شهورًا أو سنوات لتصدأ، بينما يمكن لقرص فوّار يُسقَط في الماء أن يبدأ التفاعل بشكل شبه فوري. في الصناعة، يجب أن تحدث بعض التفاعلات بسرعة لزيادة الإنتاج، بينما يجب إبطاء تفاعلات أخرى لأسباب تتعلق بالسلامة.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف تُقاس سرعة التفاعل وكيف تساعد النماذج الرياضية العلماء على فهم العوامل التي تتحكم في التغير الكيميائي.

؟ سؤال توجيهي: لماذا تحدث بعض التفاعلات الكيميائية خلال ثوانٍ بينما تستغرق أخرى أيامًا أو أشهرًا أو حتى سنوات؟ وكيف يمكن للكيميائيين التنبؤ بسرعة التفاعل؟

تعلم

١. مفهوم سرعة التفاعل:

تتفاوت التفاعلات الكيميائية تفاوتًا كبيرًا، بدءًا من التفاعلات السريعة اللحظية إلى التفاعلات البطيئة التي تستغرق وقتًا طويلًا جدًّا.

- **مثال على تفاعل سريع:**

تكوّن راسب أبيض من كلوريد الفضة عند إضافة محلول مائي من كلوريد الصوديوم إلى محلول مائي من نترات الفضة.

- **مثال على تفاعل بطيء:**

الأكسدة البطيئة للنحاس والحديد بفعل الرطوبة الجوية والأكسجين في الهواء الطلق، مما يؤدي إلى تكوُّن الصدأ.

حتى التفاعل نفسه يمكن أن يتغير معدله اعتمادًا على ظروف التفاعل مثل درجة الحرارة والضغط.

طبيعة العلم: تحديد المتغيرات

يبحث الطلاب كيف تؤثر درجة الحرارة على سرعة التفاعل من خلال ملاحظة التفاعل بين قرص فوّار والماء.

1. ما المتغير المستقل؟ .....
2. ما المتغير التابع؟ .....
3. ما المتغيرات التي ينبغي التحكم فيها لضمان اختبار عادل؟ .....

٢. تعريف سرعة التفاعل والتعبير عنها:

سرعة التفاعل: النقصان في كمية المتفاعل أو الزيادة في كمية الناتج لكل وحدة زمن. يُعتبر التغير في كمية المادة عادةً على أنه التغير في التركيز.

$$\text{سرعة التفاعل } v = \frac{\text{مقدار النقصان في التركيز المولاري للمتفاعلات}}{\text{زمن التفاعل}} \quad \text{أو} = \frac{\text{مقدار الزيادة في التركيز المولاري للنواتج}}{\text{زمن التفاعل}}$$

بنية العلم

حقيقة أساسية:

يعتمد معدل التفاعل على تركيز المواد المتفاعلة ودرجة الحرارة، وتُوصَف هذه العلاقة من خلال معادلة السرعة التي يتم تحديدها عمليًّا (تجريبيًّا).

المفاهيم الأساسية:

- معدل التفاعل
- التركيز
- معادلة المعدل
- ثابت المعدل

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

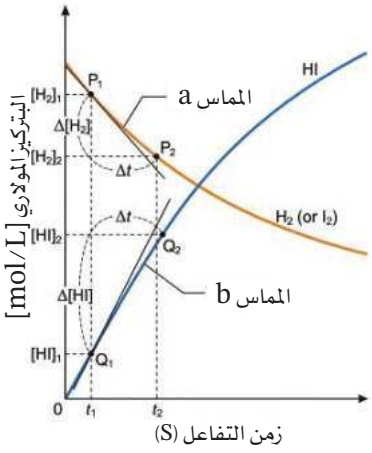
٣. نسبة سرعات التفاعل والمعاملات الكيميائية المتكافئة:

رغم أن التغير في التركيز المولاري لكل وحدة زمن يختلف باختلاف المادة التي نقوم بدراستها في تفاعل كيميائي، فإن نسبة سرعات التفاعل لكل مادة تساوي نسبة معاملاتها الكيميائية المتكافئة في المعادلة الكيميائية الموزونة.

مثال: عندما يوضع الهيدروجين واليود في وعاء مغلق ويُسخَّنان إلى درجة حرارة ثابتة، يحدث التفاعل التالي، ينتج يوديد الهيدروجين:

$$H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$$

سرعة اختفاء H_2 أو I_2 : سرعة HI $= 1 : 2$



الشكل 2.7.1
معدل التفاعل ومعاملات الكيميائية المتكافئة

٤. معادلة سرعة التفاعل:

تُعبّر معادلة سرعة التفاعل عن العلاقة بين سرعة التفاعل والتركيزات المولارية للمواد الداخلة في التفاعل.

بالنسبة لتفاعل يُمثَّل بالمعادلة الكيميائية $A + B \rightarrow C + D$، وبافتراض أن سرعة التفاعل هي v، والتراكيز المولارية للمتفاعلين A وB هي $[A]$ و$[B]$، وأن k وa وb ثوابت، يمكن التعبير عن معادلة السرعة (قانون السرعة) كما يلي:

$$v = k[A]^a [B]^b$$

ثابت السرعة (k): وهو ثابت التناسب في معادلة السرعة. تكون قيمة k ثابتة إذا كانت درجة الحرارة ثابتة، لكنها تتغير إذا تغيرت درجة الحرارة.

رتبة التفاعل (a ، b): هما رتبتا التفاعل بالنسبة للمتفاعلين A وB على التوالي. يجب تحديد هاتين القيمتين تجريبيًّا، ولا تتطابقان بالضرورة مع المعاملات الكيميائية المتكافئة في المعادلة الكيميائية.

صندوق المعادلات:

الكمية	التعبير	ملاحظات
سرعة التفاعل	$v = \frac{-\Delta[\text{reactant}]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{product}]}{\Delta t}$	التغير لكل وحدة زمن؛ عادةً كتغير في التركيز
نسبة السرعة	السرعة $\propto$ المعامل الكيميائي المتكافئ	مثال: لـ $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$ السرعات $H_2 : I_2 : HI = 1 : 1 : 2$
معادلة السرعة (قانون السرعة)	$v = k[A]^a[B]^b$	a، b رتبتا التفاعل – تُوجَدان تجريبيًّا
ثابت السرعة k	ثابت التناسب	ثابت عند درجة حرارة محددة؛ يتغير عند تغير T

تطبيق حياتي

الثلاجات والمجمدات: وضع الطعام القابل للتلف في الثلاجة يخفض درجة الحرارة، مما يبطئ بشكل كبير التفاعلات الكيميائية والحيوية التي تؤدي إلى فساد الطعام أو تكاثر البكتيريا.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) في التفاعل الافتراضي $A + B \rightarrow C$ بتغيير تراكيز A و B، وُجدت سرعة التفاعل اللحظية لكل منها v ، وكانت النتائج الموضحة في الجدول أدناه هي التي تم الحصول عليها.

التجربة	[A] [mol/L]	[B] [mol/L]	v [mol/(L·s)]
1	0.30	1.20	3.6×10^{-2}
2	0.30	0.60	9.0×10^{-3}
3	0.60	0.60	1.8×10^{-2}

(**i**) عبِّر عن العلاقة بين [A] و [B] و v كمعادلة سرعة التفاعل، مع جعل ثابت السرعة k.

(**ii**) احسب قيمة ثابت السرعة k لأقرب رقمين عشريين.

(ب) بالنسبة لتفاعل معين، يتضاعف ثابت السرعة عندما ترتفع درجة الحرارة بمقدار 10 K من درجة حرارة الغرفة. في هذا التفاعل، عندما تتغير درجة حرارة التفاعل من 25°C إلى 55°C ، بأي عامل تزداد السرعة v؟

الشرح

(أ) (**i**) من واقع التجربتين (1) و (2)، يتبين أنه عند خفض تركيز [B] إلى النصف، تقل السرعة v إلى $\frac{1}{4}$ ؛ مما يدل على أن السرعة v تتناسب طرديًّا مع مربع تركيز [B]

وبالمثل، من واقع التجربتين (2) و(3)، يتبين أنه عند مضاعفة تركيز [A] ، تتضاعف السرعة v؛ مما يدل على أن السرعة v تتناسب طرديًّا مع الأس الأول لتركيز [A]. وبناءً على ذلك، فإن $v = k[A][B]^2$

(**ii**) بمجرد تحديد معادلة السرعة (قانون السرعة)، يمكن إيجاد ثابت السرعة k من واقع النتائج التجريبية. ومن نتائج التجربة (3):

$$1.8 \times 10^{-2}\ \text{mol/(L.s)} = k \times (0.60\ \text{mol/L}) \times (0.60\ \text{mol/L})^2$$

$$K = \frac{(1.8 \times 10^{-2}\ \text{mol/(L.s)}}{(0.60\ \text{mol/L}) \times (0.60\ \text{mol/L})^2} = 0.0833\ \text{L}^2/(\text{mol}^2.\text{s}) \approx 8.3 \times 10^{-2}\ \text{L}^2/(\text{mol}^2.\text{s})$$

(ب) التغير من 25°C إلى 55°C يزيد درجة الحرارة بمقدار 30K.

بما أن ثابت السرعة يتضاعف عند كل ارتفاع 10K في درجة الحرارة، فعندما ترتفع درجة الحرارة بمقدار 30 K يزداد ثابت السرعة بعامل $2^3 = 8$.

لذلك، يصبح ثابت السرعة 8 أضعاف القيمة الأصلية.

فكّر كعالم كيميائي:

طورت شركة أدوية دواءً يتحلل بسرعة كبيرة جدًّا أثناء التخزين.

فكر في إجابة الأسئلة التالية:

- هل ينبغي تخزين الدواء عند درجات حرارة عالية أم منخفضة؟ .....
- ما العوامل التي يمكن أن تبطئ تفاعل التحلل؟ .....
- كيف يمكن بمعرفة سرعة التفاعل أن تحافظ على سلامة المنتج؟ .....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

حاول بنفسك:

١. عند إضافة 10.0 mL من محلول فوق أكسيد الهيدروجين بتركيز 1.00 mol/L إلى كمية صغيرة من أكسيد المنجنيز(IV)، يتحلل فوق أكسيد الهيدروجين ويتصاعد غاز الأكسجين. وبعد دقيقتين من بداية التفاعل أصبح تركيز فوق أكسيد الهيدروجين 0.64 mol/L.

أجب عن الأسئلة التالية لأقرب رقمين عشريين

(أ) ما سرعة تحلل فوق أكسيد الهيدروجين بوحدة mol/(L·s) خلال هذه الفترة الزمنية؟

(ب) ما سرعة إنتاج غاز الأكسجين بوحدة mol/s؟

الإجابة: .....

٢. في تفاعل ما ينتج C من تفاعل A وB عند 25°C، تضاعفت سرعة تكوُّن v ، C، أربع مرات عندما تضاعف (A) فقط، ونقصت إلى $\frac{1}{4}$ من قيمتها الأصلية عند نقص (B) فقط للنصف $\left(\frac{1}{2}\right)$. أجب عن الأسئلة التالية.

(أ) بجعل ثابت السرعة k، اكتب معادلة السرعة التي تعبِّر عن العلاقة بين v و(A) و (B).

الإجابة: .....

(ب) عندما يتضاعف كل من (A) و (B)، بأي عامل تزداد v؟

الإجابة: .....

٣. في تفاعل ما ينتج C من تفاعل A و B . وُجد أن السرعة v لتكوّن C [mol/ (L·s)] تتغير بتغيير التركيزات المولارية [A] و[B]، كانت النتائج التي تم الحصول عليها كما في الجدول التالي.

التجربة	[A] [mol/L]	[B] [mol/L]	v [mol/(L·s)]
(i)	0.30	0.60	0.0090
(ii)	0.30	1.20	0.036
(iii)	0.60	0.60	0.018

(أ) اكتب معادلة السرعة التي تعبِّر عن العلاقة بين [A] و[B] وv. افترض أن ثابت التناسب هو k.

الإجابة: .....

(ب) ماذا يُسمى ثابت التناسب k؟

الإجابة: .....

(جـ) أوجد قيمة ثابت التناسب k لأقرب رقمين عشريين.

الإجابة: .....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. في التفاعل $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$، فإن سرعة تكوّن HI مقارنةً بسرعة اختفاء H_2:

(أ) 1:1 (ب) 2:1

(جـ) 1:2 (د) 4:1

الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. أي من الكميات التالية تتغير عندما تتغير درجة الحرارة؟

(أ) رتبة التفاعل (ب) المعامل الكيميائي المتكافئ

(جـ) ثابت السرعة (k) (د) المعادلة الموزونة

الإجابة: .....

٣. في تفاعل ما ينتج C من تفاعل A و B عند 25°C، عند زيادة [A] للضعف. تضاعفت سرعة تكوُّن C، v، ونقصت إلى $\frac{1}{4}$ من قيمتها الأصلية عندما قل [B] للنصف $\frac{1}{2}$.

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اكتب وحدة قياس v. افترض أن وحدة الزمن هي بالدقائق [min].

الإجابة: .....

(ب) بجعل ثابت السرعة k، اكتب معادلة السرعة التي تعبِّر عن العلاقة بين v و[A] و [B].

الإجابة: .....

(جـ) عندما يُضاعَف [A] ثلاث مرات ويُضاعَف [B] أربع مرات، بأي عامل تزداد v؟

الإجابة: .....

تحدَّ تفكيرك:

يتبع أحد التفاعلات قانون السرعة: $v = k[A][B]^2$. ضاعف أحد الطلاب كلا المتفاعلين في آنٍ واحد.

فكر:

– بأي عامل تزداد سرعة التفاعل؟

الإجابة: .....

– أي متفاعل له التأثير الأكبر على سرعة التفاعل؟

الإجابة: .....

– تنبأ بما سيحدث إذا نُصِّف [A] بينما بقي [B] ثابتًا.

الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٨-٢ — العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل

مقدمة

تصدأ قطعة من الحديد متروكة في الهواء الطلق ببطء على مدى شهور، بينما يحترق شعلة نارية (سباركل) خلال ثوانٍ. قد يبقى محلول فوق أكسيد الهيدروجين مستقرًا في زجاجة لأسابيع، ومع ذلك يفور بشدة عند سكبه على جرح. لماذا تحدث بعض التفاعلات على الفور تقريبًا بينما تستغرق أخرى سنوات؟

في هذا الدرس، سنبحث كيف تؤثر عوامل مثل التركيز، ودرجة الحرارة، والعوامل الحفازة، ومساحة السطح، والضوء في سرعة التفاعلات الكيميائية، وكيف يستخدم العلماء الأدلة لتفسير هذه التغيرات.

سؤال توجيهي: كيف يمكننا التحكم في سرعة تفاعل كيميائي لجعل العمليات أكثر أمانًا وأسرع وأكثر كفاءة؟

الاستكشاف

تحقيق قائم على الاستقصاء:

المواد:

- أقراص فوّارة.
- ثلاث كئوس.
- ماء بدرجات حرارة مختلفة (بارد، درجة حرارة الغرفة، ساخن).
- ساعة توقيت.

الإجراء:

١. ضع أحجامًا متساوية من الماء في ثلاث كئوس.

٢. اضبط درجات الحرارة لتكون باردة، ودرجة حرارة الغرفة، وساخنة.

٣. أضف أقراصًا متماثلة في الوقت نفسه.

٤. قِس الزمن اللازم لكل قرص لكي يذوب تمامًا.

ما ملاحظتك؟ .....

ما استنتاجك؟ .....

تعلم

١. العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل

(أ) التفاعلات الكيميائية وتصادم الجسيمات:

تحدث التفاعلات الكيميائية عندما تتصادم الجسيمات مثل الذرات والجزيئات والأيونات المكوّنة للمادة مع بعضها البعض. تؤدي زيادة عدد تصادمات الجسيمات إلى زيادة سرعة التفاعل.

(ب) الظروف التي تغيّر سرعة التفاعل:

(١) **التركيز:** كلما زاد تركيز المتفاعلات، زادت سرعة التفاعل.

(٢) **درجة الحرارة:** مع ارتفاع درجة الحرارة، تزداد سرعة التفاعل زيادة كبيرة.

(٣) **العامل الحفاز:** مادة تزيد من سرعة التفاعل دون أن تخضع هي نفسها لأي تغير كيميائي.

- **الحفاز المتجانس:** حفاز له نفس حالة المتفاعلات.
- **الحفاز غير المتجانس:** حفاز يوجد في حالة تختلف عن حالة المتفاعلات.
- **الإنزيم:** حفاز يعمل داخل كائن حي. يتكون من بروتينات.

بنية العلم

حقيقة أساسية:

لا يحدث التفاعل الكيميائي إلا عندما تصطدم الجسيمات بطاقة كافية تتجاوز حاجز طاقة التنشيط.

المفاهيم الأساسية:

- العامل الحفاز.
- العامل الحفاز المتجانس.
- العامل الحفاز غير المتجانس.
- الإنزيم.
- الحالة الانتقالية.
- طاقة التنشيط.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(٤) **مساحة سطح المادة الصلبة:** زيادة مساحة سطح المادة الصلبة تزيد من سرعة التفاعل.

مثال: عندما تُضاف الكمية نفسها من حمض الهيدروكلوريك إلى شريط ماغنيسيوم ومسحوق ماغنيسيوم، يتولد الهيدروجين بمعدل أسرع في حالة المسحوق.

(٥) **التفاعل الضوئي الكيميائي:** قد تحدث تفاعلات كيميائية عندما تمتص مادة طاقة ضوئية.

حل المشكلات:

تريد شركة كيميائية زيادة سرعة إنتاج منتج دون زيادة كمية المتفاعلات.

السؤال: أي تعديل سيزيد سرعة التفاعل بأكبر فعالية؟

(أ) خفض درجة الحرارة (ب) إضافة محفز مناسب

(جـ) تقليل مساحة سطح المتفاعلات (د) تخفيف المتفاعلات

.....

التفسير: .....

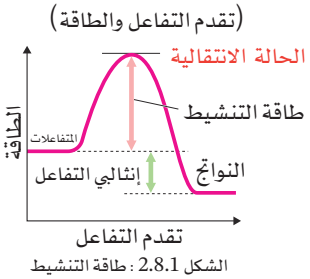
٢. طاقة التنشيط

(أ) **الحالة الانتقالية:** حالة عالية الطاقة يحدث عندها إعادة ترتيب الذرات.

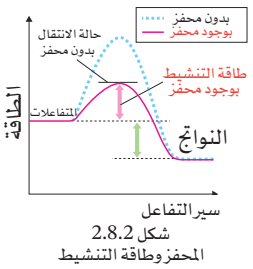
وعندما يسير التفاعل الكيميائي، تمر الجسيمات المتصادمة عبر هذه الحالة.

(ب) **طاقة التنشيط:** الحد الأدنى من الطاقة اللازم لوصول المتفاعلات إلى الحالة الانتقالية (انظر الشكل 2.8.1).

- لكي يسير التفاعل الكيميائي، يجب أن تتصادم الجسيمات بطاقة تساوي طاقة التنشيط أو أعلى منها.



الشكل 2.8.1 : طاقة التنشيط



شكل 2.8.2
المحفز وطاقة التنشيط

(جـ) **الحفاز وطاقة التنشيط:** يزيد استخدام المحفز من سرعة التفاعل.

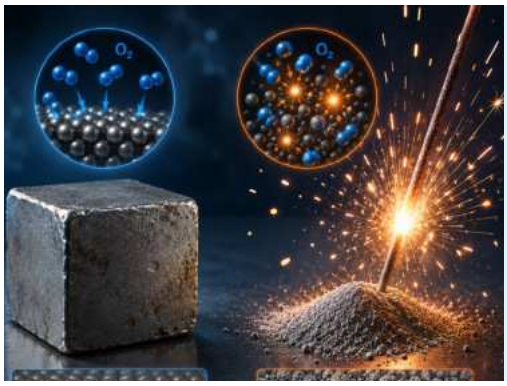
السبب: لأن الحفاز يوفر مسارًا بديلًا للتفاعل بطاقة تنشيط أقل، مما يجعل من الأسهل على المتفاعلات الوصول إلى الحالة الانتقالية.

جدول مرجعي — العوامل التي تغيّر سرعة التفاعل:

العامل	التأثير على السرعة	السبب
التركيز ↑	تزداد السرعة	تصادمات جسيمية أكثر تكرارًا
درجة الحرارة ↑	تزداد السرعة زيادة كبيرة	عدد أكبر من التصادمات بطاقة ≥ طاقة التنشيط
المحفز	تزداد السرعة	يوفر مسارًا بديلًا بطاقة تنشيط أقل
مساحة السطح ↑	تزداد السرعة	مساحة تلامس أكبر / تصادمات أكثر
الضوء (تفاعل ضوئي)	يمكن أن يبدأ تفاعلًا	تمتص المادة طاقة ضوئية

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

تطبيق حياتي:



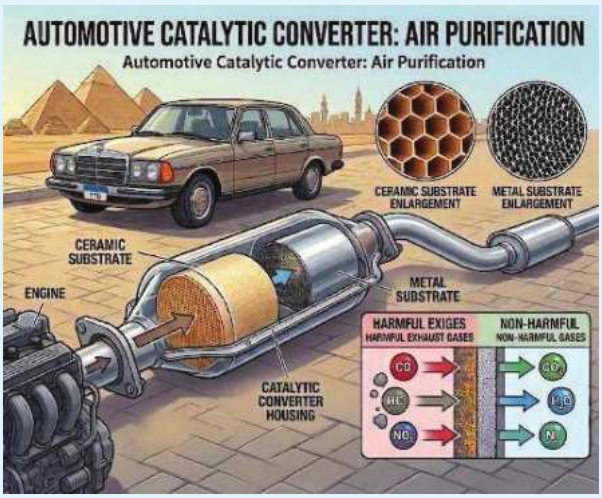
عندما يكون فلز مثل الحديد أو الألومنيوم موجودًا كقطعة صلبة كبيرة، فإنه يتفاعل ببطء نسبيًّا مع أكسجين الهواء الجوي.

لكن عندما يُطحَن الفلز إلى مسحوق ناعم ويُستخدم في الألعاب النارية أو الشعلات النارية، فإنه يحترق بسرعة وينتج ضوءًا ساطعًا وشررًا وحرارة.

تطبيق حياتي:

المحفزات في حياتنا اليومية: المحفز الثلاثي لتنقية عادم السيارات:

تحتوي غازات عادم السيارات على مواد ضارة مثل أول أكسيد الكربون (CO)، والهيدروكربونات غير المحترقة، وأكاسيد النيتروجين (NO_x). ولتحويل هذه المواد بسرعة إلى نواتج غير ضارة هي ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والماء (H_2O) وغاز النيتروجين (N_2)، يُستخدم المحفز الثلاثي.



(i) زيادة سرعة التفاعل باستخدام المحفز على الرغم من أن المواد الضارة الموجودة في غازات العادم يمكن أن تتفاعل طبيعيًّا مع الأكسجين لتتحول إلى مواد غير ضارة حتى في غياب المحفز، فإن معدل هذا التفاعل يكون بطيئًا للغاية، ولا يكفي لمعالجة التدفق المستمر لغازات العادم الناتجة أثناء قيادة السيارة.

يعمل المحفز الثلاثي، الذي يعتمد على معادن خاملة مثل البلاتين (Pt) والبلاديوم (Pd)، على خفض طاقة التنشيط اللازمة للتفاعلات بشكل كبير؛ مما يسمح بإتمام التفاعلات في زمن قصير جدًّا، وبالتالي تنقية غازات العادم بكفاءة عالية.

(ii) لماذا يُستخدم التركيب الخلوي؟

يتكون المحفز الثلاثي في صورته العملية من شبكة خزفية دقيقة ذات تركيب خلوي يشبه خلايا النحل، ويُعرف هذا التصميم باسم التركيب الخلوي.

يُستخدم هذا الشكل لزيادة مساحة السطح المعرضة للتلامس بين المحفز وغازات العادم إلى أقصى حد ممكن. ونظرًا لأن سرعة التفاعل تتناسب طرديًّا مع مساحة التلامس بين المواد المتفاعلة وسطح المحفز، فإن هذا التصميم يتيح تنقية كميات كبيرة من غازات العادم بكفاءة عالية داخل حيز صغير ومحدود.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) تصف العبارات التالية من (i) إلى (iv) العوامل المؤثرة في سرعة التفاعل. اختر العامل الأكثر ارتباطًا بها من A إلى E

(i) يُخزَّن محلول فوق أكسيد الهيدروجين عند درجة حرارة منخفضة.

(ii) عند وضع فوق أكسيد هيدروجين مخفف على الجلد، لا يُلاحَظ تغير معين، لكن عند وضعه على جرح، يفور بشدة.

(iii) عند وضع قطعة صغيرة من الزنك في حمض الهيدروكلوريك بتركيز 1 mol/L ومحلول حمض الخليك المائي على التوالي، ينتج غاز الهيدروجين بسرعة أكبر في حمض الهيدروكلوريك.

(iv) يُحفظ حمض النيتريك في زجاجة كهرمانية اللون (بنية داكنة).

A. التركيز B. درجة الحرارة C. الضوء D. المحفز E. الضغط

(ب) يوضح الشكل المقابل العلاقة بين مسار التفاعل والطاقة لتفاعل معين مع حفاز وبدون حفاز.

(i) هل هذا التفاعل تفاعل طارد للحرارة أم ماص للحرارة؟

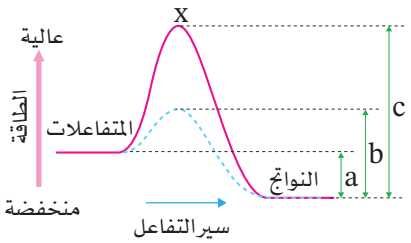
(ii) ماذا تُسمى الحالة X؟

(iii) عبّر عن القيم التالية باستخدام من a إلى c في الشكل:

١. طاقة التنشيط بدون عامل حفاز

٢. طاقة التنشيط باستخدام عامل حفاز

٣. إنثالبي التفاعل باستخدام عامل حفاز



الشرح

(أ) (i) بما أن سرعة التفاعل تزداد عندما تكون درجة الحرارة مرتفعة، يُحفَظ عند درجة حرارة منخفضة لجعل التفاعل أقل احتمالًا للحدوث **B**.

(ii) عند وضعه على جرح، تعمل الإنزيمات الموجودة في الأنسجة الحية كمحفزات، مما يزيد سرعة التفاعل زيادة كبيرة **D**.

(iii) بما أن كلوريد الهيدروجين حمض قوي وحمض الخليك حمض ضعيف، فإن تركيز أيونات الهيدروجين $[H^+]$ أكبر في حمض الهيدروكلوريك، مما ينتج عنه سرعة تكوّن أكبر للهيدروجين **A**.

(iv) بما أن حمض النيتريك يتحلل بسهولة بفعل الضوء، يُخزَّن في زجاجة كهرمانية عازلة للضوء. C

(ب) (i) من الشكل، تنقص الطاقة بسبب التفاعل. النقصان في الطاقة يشير إلى تفاعل طارد للحرارة، يُطلق طاقة أثناء التفاعل.

(ii) حالة الانتقال.

(iii) يمثل الخط المتصل ذو طاقة التنشيط الأعلى التفاعل بدون حفاز، ويمثل الخط المتقطع التفاعل في وجود حفاز.

A: طاقة التنشيط هي الفرق بين الطاقة التي تمتلكها المتفاعلات والطاقة عند حالة الانتقال. لذلك: **c–a**.

B: b–a.

C: إنثالبي التفاعل هو الفرق في الطاقة بين المتفاعلات والنواتج. كذلك، بما أن الطاقة التي تمتلكها النواتج أقل من الطاقة التي تمتلكها المتفاعلات، فإن الإشارة سالبة **a–**.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. يُجرى تفاعلان متماثلان. في التجربة A، يُستخدم مسحوق كربونات الكالسيوم؛ وفي التجربة B، تُستخدم قطع رخام كبيرة. أي عبارة تفسّر بشكل أفضل لماذا تكون التجربة A أسرع؟

(أ) المسحوق له طاقة تنشيط أقل. (ب) المسحوق له مساحة سطح أكبر.

(جـ) المسحوق يزيد درجة الحرارة. (د) المسحوق يعمل كحافز.

الإجابة: .....

٢. يصبح التفاعل أسرع أربع مرات عند رفع درجة الحرارة. أي تفسير هو الأدق؟

(أ) تتكوّن جسيمات أكثر.

(ب) عدد أكبر من التصادمات لديه طاقة كافية للتفاعل.

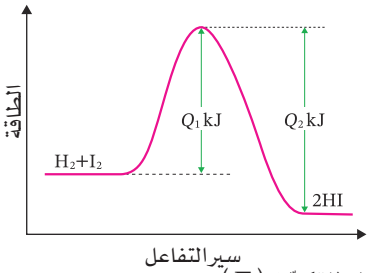
(جـ) تزداد طاقة التنشيط.

(د) تختفي المتفاعلات فورًا.

الإجابة: .....

٣. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه:

يوضح الشكل المقابل تغير الطاقة لتفاعل الهيدروجين H_2 واليود I_2 لإنتاج يوديد الهيدروجين HI.



• طاقة التنشيط لتكوّن يوديد الهيدروجين هي kJ (A)، وإنثالبي التفاعل هو kJ (B)، وطاقة التنشيط لتحلل يوديد الهيدروجين هي kJ (C)، وإنثالبي التفاعل هو kJ (D). عندما يُضاف حفاز لزيادة سرعة التفاعل، تصبح طاقة تنشيط تفاعل التكوّن (E)، يصبح إنثالبي التفاعل للتكوّن (F).

(أ) اختر الرموز أو الكلمات المناسبة لـ A إلى F في النص من (i) إلى (vii) مما يلي:

Q_1 (i) Q_2 (ii) $Q_1 - Q_2$ (iii) $Q_2 - Q_1$ (iv)

(v) تزداد (vi) تقل (vii) لا تتغير

(ب) تزيد إضافة عامل حفاز من سرعة التفاعل. اشرح سبب ذلك.

الإجابة: .....

تحدى التصميم الهندسي:

صمم تحقيقًا بسيطًا لتحديد أي عامل له التأثير الأكبر على سرعة ذوبان قرص فوّار:

• درجة الحرارة. • مساحة السطح. • التركيز.

يجب على الطلاب أن:

١. يضعوا فرضية. .....

٢. يحددوا المتغيرات. .....

٣. يجمعوا البيانات. .....

٤. يتوصلوا إلى استنتاجات باستخدام الأدلة. .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. لكل عبارة من العبارات الآتية المتعلقة بمعدل التفاعل، اختر العامل من بنك الكلمات أدناه الذي يرتبط بالعبارة ارتباطًا وثيقًا.

ملاحظة: يمكن اختيار العامل نفسه أكثر من مرة إذا كان مناسبًا لأكثر من عبارة.

(أ) يحترق الخشب بسرعة أكبر عندما يُقسَّم إلى قطع صغيرة.

(ب) يُخزَّن حمض النيتريك المركّز في زجاجة كهرمانية.

(جـ) عند إضافة كمية صغيرة من محلول كلوريد الحديد (III) المائي إلى محلول فوق أكسيد الهيدروجين، يتولد الأكسجين بسرعة.

(د) عند إضافة كتل متساوية من الزنك إلى 10 mL من كل من حمض الهيدروكلوريك بتركيز 1 mol/L وحمض الخليك، يتولد الهيدروجين بسرعة أكبر في حمض الهيدروكلوريك.

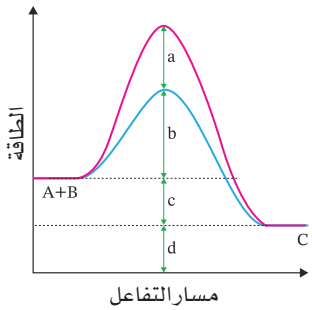
(هـ) يحترق عود البخور بسرعة أكبر في الأكسجين منه في الهواء.

(و) يُفضَّل تخزين فوق أكسيد الهيدروجين في الثلاجة إن أمكن.

[بنك الكلمات: درجة الحرارة، التركيز، الضغط، مساحة السطح، المحفز، الضوء]

الإجابة: .....

٢. يوضح الشكل المقابل التغير في حالة الانتقال للتفاعل $A + B \rightarrow C$ في وجود عامل حفاز وفي غيابه. أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) عبّر عن الطاقات التالية باستخدام الرموز a إلى d في الشكل:

(i) طاقة تنشيط $A + B \rightarrow C$ في عدم وجود عامل حفاز

(ii) طاقة تنشيط $A + B \rightarrow C$ في وجود عامل حفاز

(iii) طاقة التنشيط عندما يحدث التفاعل $C \rightarrow A + B$ وعدم وجود عامل حفاز

(iv) إنثالبي التفاعل $A + B \rightarrow C$

(ب) هل التفاعل $A + B \rightarrow C$ تفاعل طارد للحرارة أم ماص للحرارة؟

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٩-٢ — الاتزان الكيميائي

مقدمة

تخيل فتح زجاجة من مشروب غازي. بمجرد فتح الزجاجة، تبدأ الفقاعات بالهروب. إذا بقيت الزجاجة مغلقة، يبقى ثاني أكسيد الكربون ذائبًا في المشروب. لماذا يتصرف النظام بشكل مختلف عندما تتغير الظروف؟

وبالمثل، في أجسامنا، يرتبط الأكسجين ويتحرر باستمرار من الهيموجلوبين، مما يسمح بنقل الأكسجين إلى الأنسجة. تتضمن هذه العمليات تفاعلات تسير في كلا الاتجاهين وتصل في النهاية إلى اتزان يُسمى الاتزان الكيميائي.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف تصل التفاعلات الانعكاسية إلى حالة الاتزان وكيف يستخدم الكيميائيون مفاهيم الاتزان للتنبؤ بالأنظمة الكيميائية والتحكم فيها.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن لتفاعل كيميائي أن يبدو متوقفًا بينما تستمر المتفاعلات والنواتج في التفاعل؟

لاحظ وتنبأ

الملاحظة:

يضع أحد الطلاب عينة من غاز ثاني أكسيد النيتروجين البني (NO_2) في وعاء شفاف محكم الغلق. في البداية، يبدو الغاز بنيًّا داكنًا. بعد مرور بعض الوقت ...

ما ملاحظتك؟ .....

ما توقعك؟ إذا تغيرت درجة الحرارة، فقد يتحول موضع الاتزان، مما يغيّر شدة اللون مرة أخرى.

.....

تعلم

١. التفاعلات الانعكاسية وغير الانعكاسية (التامة)

(أ) **التفاعل الانعكاسي:**

تفاعل يسير في كلا الاتجاهين. يُعبَّر عنه باستخدام سهم مزدوج «⇌».

مثال: عند تسخين الهيدروجين واليود، يتكوّن يوديد الهيدروجين. وعلى العكس، عند تسخين يوديد الهيدروجين، فإنه يتحلل إلى هيدروجين ويود. $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$.

- في التفاعل الانعكاسي، يُسمى التفاعل الذي يسير نحو اليمين **بالتفاعل الطردي**، ويُسمى التفاعل الذي يسير نحو اليسار **بالتفاعل العكسي**.

(ب) **التفاعل غير الانعكاسي:**

تفاعل يسير في اتجاه واحد فقط. يُعبَّر عنه باستخدام سهم واحد «→».

مثال: عند تسخين صوف الفولاذ، يتكوّن أكسيد الحديد المغناطيسي Fe_3O_4 لكن التفاعل العكسي لا يحدث.

$$3Fe + 2O_2 \rightarrow Fe_3O_4$$

بنية العلم

حقيقة أساسية:

في حالة التوازن الكيميائي، تستمر التفاعلات الطردية والعكسية في الحدوث، ولكن بمعدلات متساوية، مما يؤدي إلى بقاء التركيزات ثابتة.

المفاهيم الأساسية:

- التفاعل الانعكاسي.
- التفاعل التام.
- الاتزان الديناميكي.
- ثابت الاتزان (K)
- التفاعل الطردي.
- التفاعل العكسي.
- طاقة التنشيط.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. الاتزان الكيميائي:

(أ) **حالة الاتزان الكيميائي (حالة الاتزان):** حالة تتساوى فيها معدل التفاعل الطردي والعكسي، وتظل تركيزات المتفاعلات والنواتج ثابتة.

(ب) **قانون الاتزان الكيميائي (قانون فعل الكتلة):** في التفاعل الانعكاسي الافتراضي $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$، عندما يصل التفاعل الانعكاسي إلى حالة اتزان، فإن العلاقة التالية تربط بين تركيزات المتفاعلات والنواتج $[A]$ و$[B]$ و$[C]$ و$[D]$ لكل مادة.

$$\frac{[C]^c \times [D]^d}{[A]^a \times [b]^a} = K\,(\text{ثابت})$$

ملاحظة: يُسمى K في هذه المعادلة ثابت اتزان التفاعل الكيميائي، وهو ثابت ما لم تتغير درجة الحرارة.

يُعبَّر عن ثابت الاتزان في التفاعلات بين المواد الصلبة والغازات بتركيز الغازات فقط.

وذلك لأن تركيزات المواد الصلبة النقية تظل ثابتة ولا تؤثر على معادلة الاتزان.

مثال: ثابت الاتزان للتفاعل $C_{(S)} + CO_2 \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$ يكون: $K = \frac{[CO]^2}{[CO_2]}$

- تُحدد وحدة ثابت الاتزان عن طريق حساب الوحدات معًا.

مثال: $K = \frac{[B]}{[A]^3}$ هي $(mol/L)^{-2}$

(جـ) حساب ثابت الاتزان:

١. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة وسجّل الكمية الابتدائية للمادة (أو التركيز) لكل متفاعل وناتج.

٢. حدّد التغير في كمية المادة (أو التركيز) لكل مادة مع تقدم التفاعل نحو الاتزان.

٣. احسب كمية المادة (أو التركيز) لكل مادة عند الاتزان.

٤. عوّض بتراكيز الاتزان في معادلة ثابت الاتزان واحسب ثابت الاتزان.

(حجم الاناء) = 10L	$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$		
	N_2O_4	$2NO_2$	
١. الابتدائي	0.50	0	[mol]
٢. التغير	−0.30	+0.60	[mol]
٣. عند الاتزان	0.20	0.60	[mol]
٤. ثابت الاتزان	$K = \frac{\left(\frac{0.6\ mol}{10\ L}\right)^2}{\left(\frac{0.20\ mol}{10\ L}\right)}$		

🤔 فكّر بشكل نقدي:

تحليل بيانات تجريبية:

يزيد العلماء غالبًا الضغط في عملية هابر لزيادة إنتاج غاز الأمونيا.

إذا كانت زيادة الضغط تتطلب طاقة أكبر وتكاليف أعلى، كيف ينبغي للمهندسين أن يقرروا ما إذا كانت الزيادة في إنتاج الأمونيا تستحق التكلفة الإضافية؟

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مثال:

عندما وضع 5.50 mol من الهيدروجين و 4.00 mol من اليود في وعاء سعة 100 L ويتم حفظ الوعاء عند درجة حرارة معينة، يحدث التفاعل التالي:

$$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

وعند الوصول إلى حالة الاتزان، تكون 7.00 mol من يوديد الهيدروجين.

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) احسب ثابت الاتزان لهذا التفاعل لأقرب رقمين عشريين.

(ب) عندما يوضع 3.00 mol من الهيدروجين و3.00mol من اليود في الوعاء نفسه ويُحفَظان عند نفس درجة الحرارة نفسها كما في (أ)، كم عدد مولات يوديد الهيدروجين التي ستتكوّن؟ (إجابتك لأقرب رقمين عشريين)

الشرح

(أ) اكتب المعادلة الموزونة و اكتب جدول تفاعل:

$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$				
	H_2	I_2	2HI	
الابتدائي	5.50	4.00	0	[mol]
التغير	−3.50	−3.50	+7.00	[mol]
الاتزان	2.00	0.50	7.00	[mol]

ثابت الاتزان $K = \frac{[HI]^2}{[H_2]\,[I_2]}$ وبما أن حجم الوعاء 100 L، فإن ثابت الاتزان لهذا التفاعل هو:

$$K = \frac{\left(\frac{7.00\ mol}{100\ L}\right)^2}{\left(\frac{0.20\ mol}{100\ L}\right) \times \left(\frac{0.50\ mol}{100\ L}\right)} = 49$$

(ب) بافتراض أن x mol من كل من H_2 و I_2 تتفاعل للوصول إلى الاتزان، تكون كميات المادة كما يلي:

	H_2	I_2	2HI	
الابتدائي	3.00	3.00	0	[mol]
التغير	−x	−x	+2x	[mol]
الاتزان	3.00 − x	3.00 − x	2x	[mol]

بما أن ثابت الاتزان ثابت عند درجة الحرارة، فمن (أ)، ثابت الاتزان هو 49 لذلك:

$$\frac{\left(\frac{2x\ [mol]}{100\ L}\right)^2}{\left(\frac{3.00 - x\ mol}{100\ L}\right) \times \left(\frac{3.00 - x \times [mol]}{100\ L}\right)} = 49$$

$$\frac{(2x)^2}{(3.00 - x)^2} = 49 \qquad \frac{2x}{3.00 - x} = \pm 7$$

$$x = 2.33\ mol\ ,\ 4.2\ mol$$

بما أن الكميات الابتدائية من الهيدروجين واليود هي 3.00mol، يجب أن يكون x أقل من 3.00

$$(0 < x < 3.00)\ mol$$ لذلك $$x = 2.33\ mol$$

لذلك، يوديد الهيدروجين المتكوّن عند الاتزان هو $2.33 \times 2 = 4.66 \approx 4.7\ mol$

كن مواطنًا عالميًا

تزايد ثاني أكسيد الكربون في الجو يذوب في المحيطات ويؤثر على اتزان أيونات الكربونات التي تحتاجها الشعاب المرجانية المحاريات.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. تم إضافة 1.00 mol من حمض الخليك إلى 1.00 mol من الإيثانول عند درجة حرارة ثابتة و عند الوصول للاتزان، تبقى 0.25 mol من حمض الخليك. إجاباتك لأقرب رقمين عشريين.

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

(أ) احسب ثابت الاتزان لهذا التفاعل.

(ب) عندما يتفاعل خليط من 1.00 mol من حمض الخليك و 1.00 mol من الإيثانول و4.00 mol من الماء ويصل إلى الاتزان عند درجة الحرارة نفسها، كم عدد مولات إستر خلات الإيثيل $CH_3COOC_2H_5$ التي تتكوّن؟

الإجابة: .....

٢. عند وضع خلط 1.00 mol من H_2 مع 1.00 mol من I_2 في وعاء له حجم ثابت عند درجة حرارة ثابتة. عند الاتزان، تكون 1.6 mol من HI. إجاباتك لأقرب رقمين عشريين.

(أ) احسب ثابت الاتزان لهذا التفاعل.

(ب) عندما يوضع 1.6 mol من كل من H_2 و I_2 في وعاء له حجم ثابت عند نفس درجة الحرارة، حدّد كمية HI عند الاتزان.

الإجابة: .....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. بالنسبة للتفاعل $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$، أي مما يلي يعبر عن ثابت الاتزان K للتفاعل؟

(أ) $K = [N_2O_4]/[NO_2]^2$

(ب) $K = [NO_2]^2/[N_2O_4]$

(جـ) $K = [NO_2]/[N_2O_4]$

(د) $K = [N_2O_4]/[NO_2]$

الإجابة: .....

٢. عند فتح زجاجة مشروب غازي تتصاعد فقاعات غازية بسرعة. أي مما يلي يعتبر أدق تفسير لذلك؟

(أ) يزداد الاتزان مع انخفاض الضغط.

(ب) يصبح الماء محفزًا.

(جـ) يصبح التفاعل غير انعكاسي.

(د) ترتفع درجة الحرارة.

الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

أجب عن الأسئلة التالية:

٣. اكتب تعبير ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية لكل من التفاعلات التالية. كذلك، اذكر وحدات ثابت الاتزان إن أمكن. افترض أن جميع المواد غازات ما لم يُذكَر غير ذلك.

(أ) $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$

(ب) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

(جـ) $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$

(د) $C_{(s)} + H_2O \rightleftharpoons CO + H_2$

٤. عندما يتفاعل حمض الخليك CH_3COOH والإيثانول C_2H_5OH بوجود حمض كبريتيك مركّز كمحفز، يتكوّن خلات الإيثيل $CH_3COOC_2H_5$ والماء، ويصل النظام إلى الاتزان. أجب عن الأسئلة التالية لأقرب رقمين عشريين.

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC2H_5 + H_2O$$

(أ) عند تفاعل 5.0 mol من حمض الخليك و8.0 mol من الإيثانول، وعند الوصول لحالة الاتزان تكوّن 4.0 mol من خلات الإيثيل. احسب ثابت الاتزان K لهذا التفاعل.

(ب) عند نفس درجة الحرارة كما في (أ)، عند إضافة 8.0 mol من حمض الخليك إلى 8.0 mol من الإيثانول، كم عدد مولات خلات الإيثيل التي تتكوّن؟

الإجابة: .....

٥. عند إضافة 5.50 mol من الهيدروجين إلى 4.00 mol من اليود في وعاء سعة 100L عند درجة حرارة ثابتة. وعند الاتزان، تكون 7.00 mol من يوديد الهيدروجين. أعط إجاباتك لأقرب رقمين عشريين.

$$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

(أ) اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل بدلالة التراكيز المولارية.

(ب) احسب ثابت الاتزان لهذا التفاعل.

(جـ) عندما يوضع 4.00 mol من الهيدروجين و4.00 mol من اليود في نفس الوعاء ويُحفَظان عند نفس درجة الحرارة، كم عدد مولات يوديد الهيدروجين التي ستتكوّن؟

الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢-١٠ – مبدأ لو شاتيليه

مقدمة

الأمونيا واحدة من أهم المواد الكيميائية في العالم لأنها تُستخدم في تصنيع الأسمدة التي تساعد على تغذية مليارات البشر. اكتشف العلماء أن زيادة الضغط في التفاعل:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

تُنتج كمية أكبر من الأمونيا.

إذا زاد الضغط داخل وعاء التفاعل بشكل مفاجئ، ما الذي تتوقع حدوثه لكمية الأمونيا المنتجة؟

فسّر أسباب استنتاجك.

؟ سؤال توجيهي: كيف تؤثر التغيرات في التركيز والضغط ودرجة الحرارة والعوامل الحفازة على حالة الاتزان الكيميائي؟

الاستكشاف

ينتج مصنع للأسمدة الأمونيا باستخدام غازي النيتروجين والهيدروجين. لاحظ المهندسون أن زيادة الضغط داخل المفاعل تزيد بشكل كبير من إنتاج الأمونيا، بينما تُقلل زيادة درجة الحرارة من الكمية المنتجة.

توقّع

قبل دراسة مبدأ لو شاتيليه:

ما الذي تعتقد أنه سيحدث لإنتاج الأمونيا إذا:

١. أُضيف مزيد من غاز النيتروجين؟ .....

٢. تضاعف الضغط؟ .....

٣. ارتفعت درجة الحرارة؟ .....

بنية العلم

حقيقة أساسية:

يزاح الاتزان الكيميائي في الاتجاه المعاكس لأي تغيير يؤثر على النظام.

المفاهيم الأساسية:

- التفاعلات الانعكاسية.
- الاتزان الكيميائي.
- تغير حالة الاتزان.
- التركيز.
- الضغط.
- درجة الحرارة.
- العامل الحفاز.

القانون الأساسي:

- مبدأ لوشاتيلييه.

تعلم

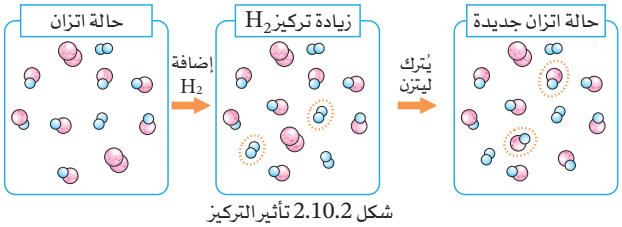
١. اتجاه إزاحة الاتزان الكيميائي:

مبدأ لو شاتيليه:

عندما يصل تفاعل انعكاسي إلى حالة اتزان، إذا تغيرت أحد العوامل المؤثرة مثل التركيز والضغط ودرجة الحرارة، يزاح الاتزان في الاتجاه الذي يُقاوم هذا التغيير، ويصل إلى حالة اتزان جديدة.

(أ) تأثير التركيز:

عندما يزداد تركيز أحد مكونات التفاعل وهو في حالة اتزان، يزاح الاتزان في الاتجاه الذي يُقلل من تركيزه.



شكل 2.10.2 تأثير التركيز

مثال: في التفاعل المتزن: $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$، بزيادة $[H_2]$

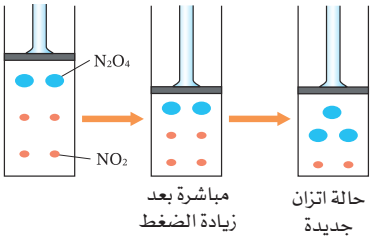
مع ثبات درجة الحرارة ، يزاح الاتزان في الاتجاه الطردي (يمينًا) و يصل إلى حالة اتزان جديدة عن طريق تقليل $[H_2]$.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ب) تأثير الضغط:

عندما يزداد الضغط علي خليط غازي، يزاح الاتزان في الاتجاه الذي يقل فيه العدد الكلي **لجزيئات الغاز**. (الشكل 2.10.2)

في تفاعل لا يتغير فيه العدد الكلي لجزيئات الغاز قبل وبعد التفاعل، **لا يؤثر الضغط** على حالة الاتزان.



شكل 2.10.2 تأثير الضغط

(جـ) تأثير درجة الحرارة:

عند خفض درجة الحرارة، يزاح الاتزان في اتجاه التفاعل الطارد للحرارة، وعندما تُرفع درجة الحرارة، يزاح الاتزان في اتجاه التفاعل الماص للحرارة.

(د) تأثير العامل الحفاز:

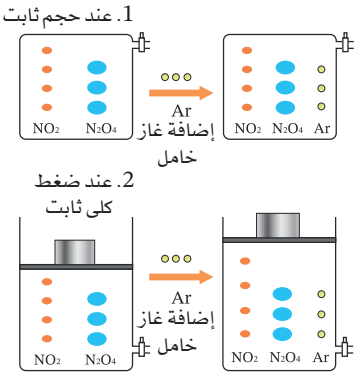
العامل الحفاز يعمل على الوصول لحالة الاتزان في زمن أقل ولكنه لا يؤثر على حالة الاتزان.

(هـ) تأثير الغاز الخامل (الشكل 2.10.3)

عندما يكون التفاعل العكسي $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ في حالة اتزان،

(i) يُضاف غاز الأرجون Ar عند درجة حرارة وحجم ثابتين عندما يكون الحجم ثابتًا، لا يتغير التركيز والضغط الجزئي للمواد المشاركة في التفاعل **ولا يتأثر الاتزان**.

(ii) يُضاف غاز الأرجون Ar عند درجة حرارة وضغط كلي ثابتين عندما يكون الضغط الكلي ثابتًا، يزداد الحجم بمقدار كمية الأرجون المضافة، فيقل الضغط الجزئي للغازات المشاركة في التفاعل داخل الوعاء. ويزاح الاتزان في الاتجاه العكسي (يسارا).

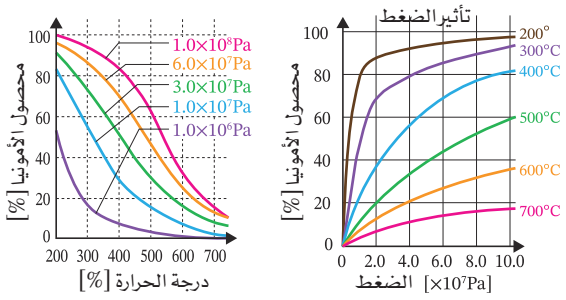


شكل 2.10.3 تأثير غاز خامل

٢. تصنيع الأمونيا

تفاعل تصنيع الأمونيا، $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ $\Delta H = -92\ kJ$، تفاعل طارد للحرارة يقل فيه العدد الكلي للجزيئات.

← بزيادة الضغط وخفض درجة الحرارة، يزاح الاتزان في الاتجاه الطردي (يمينًا)، وتزداد نسبة إنتاج الأمونيا. (الشكل المقابل).



شكل 2.10.4 تأثير تخليق الأمونيا

تطبيق حياتي:

إنتاج الأمونيا (عملية هابر):

يعتمد الإنتاج العالمي للأسمدة على التحكم في ظروف الاتزان لتحقيق أقصى إنتاج من الأمونيا. فبدون التحكم في التوازن، لن تستطيع الزراعة الحديثة إنتاج طعام كافٍ لسكان العالم المتزايدين.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

مثال:

أجب الأسئلة التالية:

(أ) الأنظمة التالية في حالة اتزان، في أي اتجاه سيزاح الاتزان عند تعرضه للتغير الموضح بين الأقواس؟
أجب بالرموز (A) يسار، (B) يمين، (C) لا يؤثر.

(i) $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$ (إضافة أكسجين)

(ii) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ (إضافة عامل حفاز)

(iii) $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ (إضافة كلوريد الأمونيوم)

(ب) تصنع الأمونيا من خلال (تفاعل طارد للحرارة)، بخفض درجة الحرارة يزاح الاتزان يمينًا. ومع ذلك، ترفع درجة الحرارة أثناء التصنيع إلي حوالى 500°C : 400. اشرح سبب ذلك من مفهوم سرعة التفاعل.

الشرح

(أ) (i) عند إضافة الأكسجين، يزداد تركيز الأكسجين، يزاح الاتزان في الاتجاه الذي يُقلل تركيز الأكسجين. لذلك، يزاح إلى اليمين. **(B)**

(ii) عند إضافة عامل حفاز، لا يتأثر الاتزان. **(C)**

(iii) عند إضافة كلوريد الأمونيوم، يتأين في المحلول المائي، مما يزيد تركيز أيونات الأمونيوم. ويزاح الاتزان في الاتجاه الذي يستهلك أيونات الأمونيوم المضافة. يزاح إلى اليسار. **(A)**

(ب) إذا كانت درجة الحرارة منخفضة جدًا، تكون سرعة التفاعل صغيرة جدًا، ولا يمكن الحصول على المنتج في إطار زمني عملي.

طبيعة العلم: تحديد المتغيرات:

يريد طالب دراسة تأثير درجة الحرارة على توازن الأمونيا.

١. ما المتغير المستقل؟ .....

٢. ما المتغير التابع؟ .....

٣. ما المتغيرات التي ينبغى ضبطها لضمان اختبار عادل؟ .....

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. الأنظمة التالية في حالة اتزان، في أي اتجاه سيزاح الاتزان عند تعرضه للتغير الموضح بين الأقواس؟
أجب بـ «يمين» أو «يسار» أو «لا يتأثر».

(أ) $H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -56\ kJ$ (التبريد)

(ب) $CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)}$ (زيادة الضغط)

(جـ) $CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)}$ (إضافة عامل حفاز)

(د) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ (إضافة Ar عند حجم ثابت)

(هـ) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ (إضافة Ar عند ضغط ثابت)

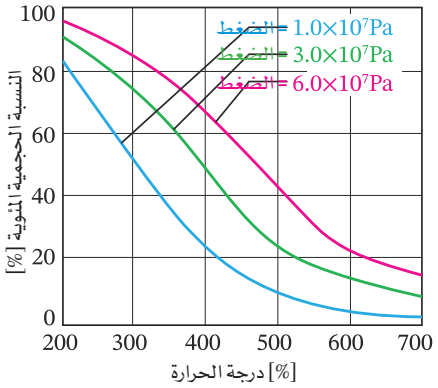
الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. التفاعل التالي المتضمن الغازات A وB وC في حالة اتزان:

$aA + bB \rightleftharpoons cC$ (a, b, c معاملات)

والعلاقة بين النسبة الحجمية لـC ودرجة الحرارة في حالة الاتزان لهذا التفاعل مبينة في الشكل المقابل.



أجب عن الأسئلة التالية.

(أ) أي العلاقات التالية صحيحة؟

(i) $a + b < c$ (ii) $a + b > c$ (iii) $a + b = c$

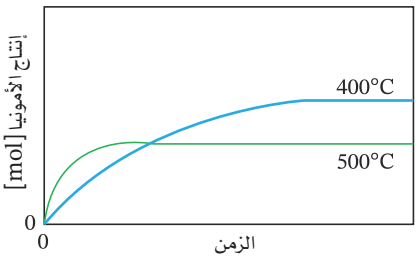
(ب) هل التفاعل الطردي لهذا التفاعل تفاعل طارد للحرارة أم ماص للحرارة؟

(جـ) مع رفع درجة الحرارة، كيف يتغير ثابت الاتزان K لهذا التفاعل؟

٣. يتم تصنيع الأمونيا من النيتروجين والهيدروجين بالتفاعل التالي:

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

عندما يتفاعل 1 mole من النيتروجين و 3 mole من الهيدروجين عند ضغط ثابت في وجود عامل حفاز (الحديد)، تزداد كمية الأمونيا المنتجة حتى يتم الوصول إلى الاتزان. يُظهر الشكل التغير في كمية الأمونيا المتكونة بمرور الوقت عند 400 °C و500 °C بخطوط متصلة. بالرجوع إلى هذا الشكل، اختر عبارة صحيحة واحدة من التالي.



(أ) تفاعل تكوين الأمونيا تفاعل ماص للحرارة.

(ب) ثابت الاتزان للمعادلة الكيميائية عند 500°C أصغر من قيمته عند 400 °C.

(جـ) تزداد سرعة تكوّن الأمونيا بمرور الوقت عند كل من 400 °C و500 °C

(د) عند التجربة عند ضغط أعلى، تزداد سرعة التفاعل، لكن كمية الأمونيا المتكونة عند الاتزان تقل.

تدرب:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. الأنظمة التالية في حالة اتزان، في أي اتجاه سيزاح الاتزان عند تعرضه للتغير الموضح؟
أجب بـ «يمين» أو «يسار» أو «لا ينتقل».

(أ) $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_{2(g)}$ (إضافة HI)

(ب) $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ (إزالة NO_2)

(جـ) $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_{2(g)}$ $\Delta H = 9\ kJ$ (رفع درجة الحرارة)

(د) $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ $\Delta H = -57\ kJ$ (خفض درجة الحرارة)

(هـ) $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_{2(g)}$ (زيادة الضغط)

(و) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ (إضافة Ar عند ضغط ثابت)

(ز) $C_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO + H_2$ (زيادة الضغط)

(ح) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ (إضافة عامل مساعد)

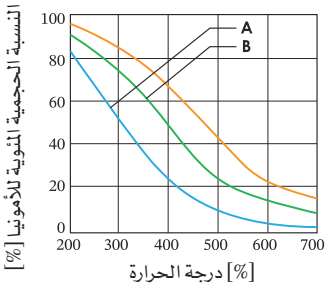
الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. المعادلة الكيميائية التالية تعبر عن تفاعل تكوين الأمونيا.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

عندما تُفاعَل خليط غازي من النيتروجين والهيدروجين بنسبة 1:3 تحت ضغوط 1.0×10^7 Pa و 3.0×10^7 Pa و 6.0×10^7 Pa عند درجات حرارة مختلفة، تم الحصول على النتائج المبينة في الشكل المقابل.



أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) حدد الضغط بالباسكال الذي يمثله كل من المنحنيين A وB في الشكل، على التوالي.

(ب) بناءً على الشكل، هل تكوّن الأمونيا تفاعلًا طاردًا للحرارة أم ماصًّا للحرارة؟

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢-١١ — الاتزان الأيوني

مقدمة

تخيّل فتح زجاجتين تحتويان على سائل شفاف؛ كلتاهما يبدو كالماء النقي، ومع ذلك، عند غمس مقياس التوصيل الكهربائي، نجد أن المحلول الأول يجعل المصباح يضيء بقوة، بينما ينتج الثاني ضوءًا خافتًا. وفي حالة أخرى، لا يُظهر محلول ثالث أي استجابة كهربائية على الإطلاق، على الرغم من ذوبانه التام في الماء.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف يستخدم الكيميائيون مفاهيم تكون الأيونات والاتزان الكيميائي لتفسير تفاوت التوصيل الكهربائي للمحاليل، وكيف تحدد هذه العمليات غير المرئية سلوك المادة في الماء.

سؤال توجيهي: كيف يمكن للعلماء تفسير وتوقع السلوك الكهربائي للمحاليل بناءً على مدى تكوّن الأيونات في الماء؟

الاستكشاف

الكتروليت قوي، إلكتروليت ضعيف، لا إلكتروليت؟

عند إذابة المواد التالية في الماء:

- حمض الهيدروكلوريك (HCl)
- حمض الأسيتيك (CH_3COOH)
- الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$)

بدون دراسة الدرس:

- ما المادة التي ينتج عنها أكبر عدد من الأيونات؟ .....
- ما المادة التي لن ينتج عنها أيونات؟ .....
- ما المادة التي ستنتج تيارًا كهربائيًا ضعيفًا؟ .....

سجّل أفكارك الأولية وراجعها بعد دراسة الإلكتروليتات و الاتزان الأيوني.

تعلم

١. طبيعة الإلكتروليتات: القوية والضعيفة

عندما تذوب مادة في الماء، تسمى الظاهرة التي تتحول فيها الجزيئات أو الصيغ إلى أيونات بالتأين (أو التفكك الأيوني).

تُصنَّف المواد بصفة عامة إلى قسمين بناءً على مدى تفككها، والمعروف بدرجة التفكك (ألفا، α).

- الإلكتروليتات القوية (الأحماض القوية والقواعد القوية):

مواد تتفكك جميع جزيئاتها إلى أيونات في محلولها المائي (تأين تام)، مثل كلوريد الهيدروجين (HCl) وهيدروكسيد الصوديوم ($NaOH$) و تعتبر درجة تفككها $\alpha \approx 1$

- الإلكتروليتات الضعيفة (الأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة):

مواد يتفكك جزء صغير جدًا من جزيئاتها إلى أيونات في محلولها المائي (تأين غير تام)، مثل حمض الأسيتيك (CH_3COOH) والأمونيا (NH_3). بينما تبقى النسبة الأكبر على شكل جزيئات.

بنية العلم

حقائق أساسية:

- الإلكتروليتات القوية تفككيا كليًا إلى أيونات في المحاليل المائية.
- أما الإلكتروليتات الضعيفة تتأين جزئيًا وتصل إلى حالة اتزان في الماء.
- تعتمد قدرة التوصيل الكهربي على عدد الأيونات الحرة في المحلول.

المفاهيم الأساسية:

- التفكك.
- التأين.
- الإلكتروليت.
- الإلكتروليت القوي.
- الإلكتروليت الضعيف.
- درجة التفكك (α).
- الاتزان الديناميكي.
- ثابت التفكك (K_a).
- التوصيل الأيوني.
- حركة الأيونات.
- الذوبان.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. الاتزان كتفاعل انعكاسي:

عند ذوبان إلكتروليت ضعيف في الماء، يحدث تفاعلان متزامنان: التفاعل الطردي (تأين الجزيئات إلى أيونات) والتفاعل العكسي (اتحاد الأيونات لتكوين الجزيئات مرة أخرى). وبمرور الوقت، تتساوى سرعة كلا التفاعلين، ويتوقف التغير الظاهري. وتُسمى هذه الحالة باتزان التفكك (الاتزان الأيوني).

مثال: يمكن التعبير عن الاتزان الأيوني لحمض الأسيتيك كما يلي:

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

في حالة هذه الحالة من الاتزان، وبافتراض ثبات درجة الحرارة، يتكون ما يعرف بـ «ثابت التفكك» (ثابت التأين) (Ka).

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-]\,[H^+]}{[CH_3COOH]}$$

ملاحظة: Ka ثابت يعتمد فقط على درجة الحرارة ولا يتغير بتغير التركيز.

لنُثبت رياضيًّا لماذا تزداد درجة التفكك (α) عند تخفيف محلول الكتروليت ضعيف (تقليل التركيز)

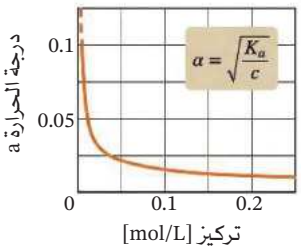
المادة	التركيز الابتدائي	التغير في التركيز	تركيز الاتزان
CH_3COOH	C	$-c\alpha$	$c(1-\alpha)$
CH_3COO^-	0	$+c\alpha$	$c\alpha$
H^+	0	$+c\alpha$	$c\alpha$

بالتعويض في صيغة K_a:

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-]\,[H^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{c\alpha \times c\alpha}{c\,(1-\alpha)} = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$$

بما أن α صغيرة جدًّا مقارنة بـ 1، ولذلك للحمض الضعيف ($\alpha < 1$)، يمكننا التقريب، واعتبار أن $1-\alpha \approx 1$

وبالتالي، $Ka \approx c\alpha^2$، ومنها $\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{c}}$



الشكل 1.11.2 العلاقة بين تركيز حمض الخليك ودرجة التأين (القيم المحسوبة)

توضح هذه المعادلة أنه كلما قل التركيز c (أي كان المحلول أكثر تخفيفًا)، زادت درجة التفكك α.

فكّر بشكل نقدي:

يدّعي طالب:

«حمض الأسيتيك حمض ضعيف لأنه لا يذوب جيدًا في الماء.»

الادعاء – الدليل – التبرير.

يُقيّم الطلاب:

- هل الادعاء صحيح علميًّا؟ .....
- ما الفرق بين الذوبانية والتأين؟ .....
- هل يمكن أن تكون مادة قابلة للذوبان بدرجة عالية ولكنها ضعيفة التأين؟ اشرح. .....

٣. حاصل تأين الماء (Kw) وعلاقته بدرجة الحرارة:

– حتى الماء النقي يتأين بدرجة صغيرة جدًّا.

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

يمكن استنتاج الحاصل الأيوني للماء (K_w) من هذا الاتزان.

$$K_w = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}\ (mol/L)^2 \quad (at\ 25°C)$$

من المهم ملاحظة أن تأين الماء تفاعل ماص للحرارة. ووفقًا لقاعدة لوشاتيلييه، فإن رفع درجة الحرارة يُزيح الاتزان نحو اليمين، وهو الاتجاه الذي يُعزز التفكك. وهذا يعني أنه كلما ارتفعت درجة الحرارة، تزداد قيمة ثابت تأين الماء (K_w). ونتيجة لذلك، المحلول المتعادل سيصبح له تركيز أيونات هيدروجين $[H^+]$ أكبر من $1.0 \times 10^{-7}\ mol/L$ ، مما يؤدي إلى الحصول على قيمة أس هيدروجيني (pH) أقل من 7.

٤. تعريف الأس الهيدروجيني (pH)

يُعد الأس الهيدروجيني (pH) طريقة موجزة للتعبير عن قوة الحمضية أو القاعدية باستخدام اللوغاريتم العشري.

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

ملاحظة:

بالنسبة للمحلول القاعدي (القلوي)، فإن الإجراء المعتاد هو حساب تركيز أيونات الهيدروكسيل $[OH^-]$ أولًا، ثم استخدام العلاقة $Kw = [H^+][OH^-]$، لإيجاد تركيز أيونات الهيدروجين $[H^+]$. وبدلاً من ذلك، يمكنك حساب الأس الهيدروكسيلي باستخدام العلاقة $pOH = -\log_{10}[OH^-]$ ثم استخدام العلاقة:

$$pH + pOH = 14 \quad (\text{عند } 25°C).$$

تطبيق حياتي:

الإتزان الأيوني في الحياة الواقعية:

مفهوم الإلكتروليتات أساسي في:

- انتقال الإشارات العصبية البشرية (حركة الأيونات في الخلايا)
- المحاليل الملحية الطبية (تركيز أيوني دقيق)
- البطاريات والخلايا الكهروكيميائية.
- عمليات التحليل الكهربي الصناعية.

تحدد الإلكتروليتات الضعيفة والقوية مدى كفاءة انتقال الشحنة في الأنظمة الحيوية والصناعية.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) احسب pH لمحلول حمض الأسيتيك المائي تركيزه 0.10 mol/L (درجة التفكك 0.016) لأقرب رقم عشري. $(\log_{10} 1.6 = 0.2)$

(ب) محلول أمونيا تركيزه 0.020 M عند 25°C، إذا علمت أن ثابت تفكك الأمونيا $K = 1.8 \times 10^{-5}$ mol/L وأن حاصل تأين الماء $K_w = 1.0 \times 10^{-14}\ mol^2/L^2$. احسب كلًا مما يأتي:

$(\log_{10} 2.0 = 0.30\ ,\ \log_{10} 3.0 = 0.48)$

(i) درجة تفكك محلول الأمونيا المائي.

(ii) تركيز أيون الهيدروكسيد.

(iii) pH لأقرب لأقرب رقم عشري.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الشرح

(أ) بما أن $pH = -\log_{10}[H^+]$، أولًا أوجد تركيز أيون الهيدروجين $[H^+]$.

وبما أن حمض الأسيتيك (CH_3COOH) حمض أحادي البروتون، فإن $[H^+]$ = التركيز المولاري للحمض × درجة التفكك.

ومنها يمكن حساب $[H^+]$ كالتالي:

$$[H^+] = 1 \times 0.10\ mol/L \times 0.016 = 1.6 \times 10^{-3}\ mol/L$$

ومنه يمكن حساب pH:

$$pH = -\log_{10}[H^+] = -\log_{10}(1.6 \times 10^{-3}) = -(\log_{10} 1.6 + \log_{10} 10^{-3}) = -(0.2-3) = 2.8$$

(ب) (i) لتكن α درجة التفكك. باستخدام التركيز الابتدائي C وثابت التفكك K، والتعويض في العلاقة:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K}{c}}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1.8 \times 10^{-5}\ mol\backslash L}{0.020\ mol/L}} = \sqrt{9.0 \times 10^{-4}} = 3.0 \times 10^{-2}$$

(ii) بما أن الأمونيا (NH_3) يذوب في الماء ليعطي أيون هيدروكسيد واحد لكل جزيء، فإن:

$[OH^-]$ = التركيز المولاري للقاعدة × درجة التفكك، ومن (i)، درجة التفكك هي 3.0×10^{-2}

ومنها يمكن حساب $[OH^-]$ كالتالي:

$$[OH^-] = 1 \times 0.020\ mol/L \times 3.0 \times 10^{-2} = 6.0 \times 10^{-4}\ mol/L$$

(iii) بما أن $pH = -\log_{10}[H^+]$، أوجد أولاً تركيز أيون الهيدروجين $[H^+]$.

من حاصل تأين الماء $Kw = 1.0 \times 10^{-14}\ mol^2/L^2$،

فإن $[H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}\ mol^2/L^2$

منها فإن:

$$[H^+] = -\frac{1.0 \times 10^{-14}\ mol^2\backslash L^2}{[OH^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}\ mol^2\backslash L^2}{6.0 \times 10^{-4}\ mol/L} = \frac{1.0}{6.0} \times 10^{-10}\ mol/L$$

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

$$= -\log_{10}\left(\frac{1.0}{6.0} + 10^{-10}\right)$$

$$= -\left\{\log_{10}\left(\frac{1.0}{6.0}\right) + \log_{10} 10^{-10}\right\}$$

$$= -(\log_{10} 6.0^{-1} + \log_{10} 10^{-10})$$

$$= -(-\log_{10} 6.0 + \log_{10} 10^{-10})$$

$$= \log_{10} 6.0 - \log_{10} 10^{-10}$$

$$= \log_{10}(2.0 \times 3.0) - \log_{10} 10^{-10}$$

$$= \log_{10} 2.0 + \log_{10} 3.0 - \log_{10} 10^{-10}$$

$$= 0.30 + 0.48 - (-10) = 10.78 \approx 10.8 \quad 10.8$$

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تفسير البيانات:

المادة	درجة الحرارة الابتدائية °C	التوصيل الكهربائي
HCl	مرتفعة	مرتفع جدًّا
CH_3COOH	مرتفعة	منخفض
الجلوكوز	مرتفعة	لا يوصل

فكِّر كعالم كيمياء:

١. ما المادة التي تُعد إلكتروليت قويًّا؟ .....

٢. ما المادة التي تُعد إلكتروليت ضعيفًا؟ .....

٣. ما المادة التي تُعد غير متأينة؟ .....

٤. ما الدليل الذي يدعم تصنيفك؟ .....

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أفضل وصف للإلكتروليت القوي هو:

(أ) يتأين جزئيًّا

(ب) يتأين تأينًا تامًّا في محلوله المائي

(جـ) غير قابل للذوبان في الماء

(د) لا يوصل التيار الكهربي

الإجابة: .....

٢. أي مما يلي يعد إلكتروليت ضعيفًا؟

(أ) NaCl

(ب) HCl

(جـ) CH_3COOH

(د) الجلوكوز

الإجابة: .....

أجب عن الأسئلة التالية:

٣. احسب قيمة pH لكل من المحاليل التالية: (علمًا بأن $K_w = 1.0 \times 10^{-14}\ mol^2/L^2$)

$(\log_{10}2.0 = 0.3\ ,\ \log_{10}5.0 = 0.7)$

(أ) حمض هيدروكلوريك تركيزه 0.020 mol/L (درجة التفكك 1.0)

(ب) حمض أسيتيك مائي تركيزه 0.050 mol/L (درجة التفكك 0.050)

(جـ) محلول هيدروكسيد الباريوم المائي تركيزه 0.025 mol/L (درجة التفكك 1.0).

(د) محلول أمونيا مائي تركيزه 0.050 mol/L (درجة التفكك 0.020).

الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. احسب pH للمحاليل المائية التالية عند 25°C لأقرب رقم عشري.

(بفرض أن حاصل تأين الماء $(K_w = 1.0 \times 10^{-14}\ mol^2/L^2)$، $\log_{10}2.0 = 0.30$، $\log_{10}1.5 = 0.18$) –

(أ) حمض كبريتيك تركيزه 0.0050 mol/L

(ب) محلول حمض أسيتيك مائي تركيزه 0.20 mol/L (درجة التفكك 0.016)

(جـ) محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي تركيزه 0.10 mol/L

(د) محلول أمونيا مائي تركيزه 0.10 mol/L (درجة التفكك 1.5×10^{-2})

الإجابة: .....

٢. المعادلة التالية تعبر عن اتزان أيوني للأمونيا في محلوله المائي:

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

بفرض أن ثابت تفكك الأمونيا Kb يساوي 1.8×10^{-5}،

وأن حاصل تأين الماء هو $K_w = 1.0 \times 10^{-14}\ mol^2/L^2$

وأن درجة تفكك الأمونيا أقل بكثير من 1

أجب عن الأسئلة التالية.

(أ) عبّر عن درجة تفكك الأمونيا α للأمونيا في محلول أمونيا مائي تركيزه C [mol/L] باستخدام c و K_b.

(ب) احسب تركيز أيون الهيدروكسيد $[OH^-]$ في محلول أمونيا مائي تركيزه 2.0 mol/L لأقرب رقمين عشريين.

(جـ) احسب pH لمحلول الأمونيا المائي في (ب) لأقرب رقم عشري.

(بفرض أن: $\log_{10}2 = 0.30$ و $\log_{10}3 = 0.48$)

الإجابة: .....

تحدَّ تفكيرك:

يقارن كيميائيًا بين محلولين:

- 0.1M HCl
- 0.1 M CH_3COOH

كلاهما أحماض، لكن أحدهما فقط يوصل التيار الكهربي بدرجة كبيرة.

- هل يمكن تحديد درجة التوصيل الكهربي بالتركيز فقط؟ .....
- ما الدور الذي يلعبه التأين؟ .....
- هل يمكن للأحماض الضعيفة أن تصبح موصلات قوية؟ تحت أي شرط؟

.....

- اشرح باستخدام مفهوم الاتزان الأيوني. .....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

١٤-٢ – الأملاح والمحاليل المائية

مقدمة

عندما تضيف حمض الهيدروكلوريك إلى محلول أسيتات الصوديوم، لا يبدو أن شيئًا مثيرًا يحدث في النظرة الأولى. لكن على المستوى الجزيئي، تبدأ منافسة خفية: تتصادم الأيونات، وتتفاعل، وتتغير مواضع الاتزان باستمرار.

في حالة أخرى، يؤدي إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى ملح أمونيوم إلى ظهور رائحة نشادر ملحوظة – دليل على أن قاعدة ضعيفة قد تحررت من ملحها.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف يحدد الاتزان أي حمض أو قاعدة يبقى في المحلول وكيف تتحكم الأملاح في حموضة أو قلوية الماء.

سؤال توجيهي: كيف يحدد الاتزان الأيوني ما إذا كان الحمض الضعيف أو القاعدة الضعيفة سيتفكك في المحلول المائي؟

استطلاع المفاهيم السابقة

استنتج نواتج التفاعلات التالية:

- $CH_3COONa + HCl \rightarrow ?$
- $NH_4Cl + NaOH \rightarrow ?$

وبدون دراسة الدرس:

- ما توقعك لنتيجة تفاعل حمض قوي مع ملح حمض ضعيف؟ .....
- ما توقعك لنتيجة تفاعل قاعدة قوية مع ملح قاعدة ضعيفة؟ .....
- لماذا تنتج بعض الأملاح محاليل حمضية أو قاعدية في الماء؟ .....

تعلم

١. طرد الأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة

(أ) **طرد الأحماض الضعيفة:** عندما يُضاف حمض قوي إلى ملح حمض ضعيف، يتكون ملح الحمض القوي وحمض ضعيف.

مثال:

$$\underset{\text{حمض ضعيف}}{CH_3COOH} + \underset{\text{ملح حمض قوي}}{NaCl} \rightarrow \underset{\text{حمض قوي}}{HCl} + \underset{\text{ملح حمض ضعيف}}{CH_3COONa}$$

(ب) **طرد القواعد الضعيفة:** عندما تُضاف قاعدة قوية إلى ملح قاعدة ضعيفة، يتكون ملح القاعدة القوية وقاعدة ضعيفة.

مثال:

$$\underset{\text{قاعدة ضعيفة}}{NH_4OH} + \underset{\text{ملح قاعدة قوية}}{NaCl} \rightarrow \underset{\text{قاعدة قوية}}{NaOH} + \underset{\text{ملح قاعدة ضعيفة}}{NH_4Cl}$$

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- يمكن للأحماض القوية والقواعد القوية أن تحل محل الأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة في أملاحها.
- تقاوم المحاليل المنظمة التغيرات في الرقم الهيدروجيني (pH) بسبب التحكم في اتزان الأيونات.

المفاهيم لأساسية:

- اتزان أيوني.
- تفاعل الحمض والقاعدة
- التحلل المائي للملح.
- تفاعل الإزاحة.
- الحمض الضعيف.
- القاعدة الضعيفة.
- الحمض القوي.
- القاعدة القوية.
- المحلول المنظم.
- زوج الحمض والقاعدة المترافقان.
- استقرار الأس الهيدروجيني.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. الأملاح والمحاليل المائية:

(أ) **تصنيف الأملاح**

(i) **الملح العادى (المتعادل):** ملح لا يظهر (H) الحمض ولا (OH) القاعدة في صيغته الكيميائية.
مثال: كربونات الصوديوم Na_2CO_3

(ii) **ملح حمضي:** ملح يظهر (H) الحمض في صيغته الكيميائية. **مثال:** بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$

(iii) **ملح قاعدي:** ملح يظهر (OH) القاعدة في صيغته الكيميائية **مثال:** هيدروكسي كلوريد الكالسيوم $CaCl(OH)$

(ب) **المحاليل المائية للأملاح العادية:**

بشكل عام، العلاقة بين تركيب الملح العادي وتأثير محلوله المائي كما يلي:

(i) حمض ضعيف + قاعدة قوية ← **قاعدي**

(ii) حمض قوي + قاعدة ضعيفة ← **حمضي**

(iii) حمض قوي + قاعدة قوية ← **متعادل**

(جـ) **المحاليل المائية للأملاح الحمضية:**

(i) محلول بيكربونات الصوديوم المائي $NaHCO_3$:
قاعدى
(لأن أيون HCO_3^- الناتج عن التأين يتفاعل مع H_2O , ويكون OH^-).

(ii) محلول كبريتات الصوديوم الهيدروجينية المائي $NaHSO_4$:
حمضى
(لأن أيون HSO_4^- الناتج عن التأين. يتأين ليعطي H^+)

٣. عمل المحلول المنظم:

(أ) **عمل التنظيم:** القدرة على مقاومة التغيرات في pH حتى عند إضافة كمية صغيرة من حمض أو قاعدة.

(ب) **المحلول المنظم:** محلول مائي يُظهر خاصية عمل التنظيم. وعموماً، يُستخدم محلول مائي خليط من حمض ضعيف وملحه أو قاعدة ضعيفة وملحها.

(جـ) آلية عمل المحلول المنظم (في حالة محلول مائي مختلط من حمض الأسيتيك وأسيتات الصوديوم):
حمض الأسيتيك حمض ضعيف، وأسيتات الصوديوم ملح لحمض الأسيتيك.

في المحلول المائي، يتأين حمض الأسيتيك وأسيتات الصوديوم.

تأين حمض الأسيتيك: $CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$

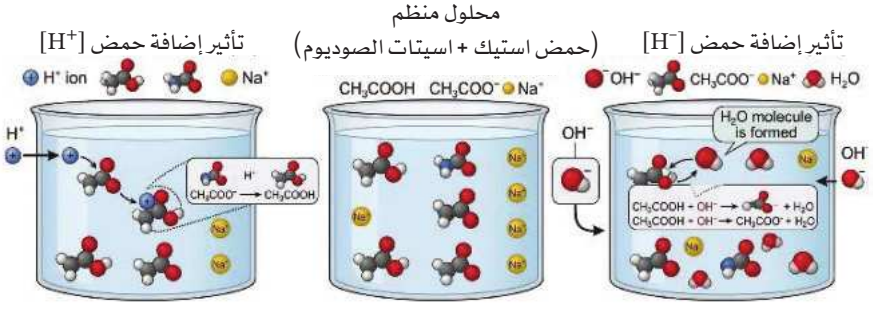
تأين أسيتات الصوديوم: $CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$

(i) عند إضافة H^+، يتفاعل H^+ مع CH_3COO^- لتكوين جزيئات حمض الأسيتيك CH_3COOH.

$CH_3COO^- + H^+ \rightarrow CH_3COOH$ لا يكاد يزداد $[H^+]$

(ii) عند إضافة OH^-، يتفاعل مع جزيئات حمض الأسيتيك لتكوين جزيئات ماء H_2O.

$CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$ لا يكاد يزداد $[H^+]$



⚠ التصورات الخطأ

✗ **فكرة خاطئة:**
«كل الأملاح تُنتج محاليل متعادلة.»

✓ **الصحيح:**
يعتمد pH لمحلول الملح على قوة الحمض والقاعدة اللذين تكوّن منهما الملح.

✗ **فكرة خاطئة:**
«المحلول المنظم يمنع الأحماض والقواعد من التفاعل.»

✓ **الصحيح:**
يسمح المحلول المنظم بحدوث التفاعلات لكنه يُقلل من التغيرات في pH من خلال تغيرات حالة الاتزان.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

📦 جدول مرجعي — الأملاح والمحاليل المنظمة في لمحة:

ملح عادى من...	خاصية المحلول
حمض قوي + قاعدة قوية	متعادل
حمض قوي + قاعدة ضعيفة	حمضي
حمض ضعيف + قاعدة قوية	قاعدي
ملح حمضي – $NaHCO_3$ / $NaHSO_4$	قاعدي / حمضي
محلول منظم (حمض ضعيف + ملحه)	يقاوم تغير pH
إضافة H^+ إلى المحلول المنظم	$CH_3COO^- + H^+ \rightarrow CH_3COOH$
إضافة OH^- إلى المحلول المنظم	$CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$

مثال:

(أ) اكتب المعادلة الكيميائية للتفاعل الحادث عند إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى محلول بيكربونات الصوديوم المائي.

(ب) اذكر ما إذا كانت المحاليل المائية للأملاح التالية حمضية أم قاعدية أم متعادلة.

$NaCl$ (i) $Ba(NO_3)_2$ (ii) NH_4Cl (iii) CH_3COONa (iv)

(جـ) أدخل المعادلات الأيونية المناسبة في [A] و[B]، وكلمة مناسبة في (C) في النص التالي:

واختر العناصر المناسبة لـ { D } و{ E } من (i) إلى (v) أدناه:

– عند إضافة كمية صغيرة من حمض الهيدروكلوريك إلى محلول مائي مختلط يحتوي على كميات متساوية من حيث المول من حمض الأسيتيك وأسيتات الصوديوم، يحدث تفاعل [A]، ويبقى تركيز أيون الهيدروجين ثابتًا تقريبًا. كما أنه عند إضافة كمية صغيرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي، يحدث تفاعل [B]، ويظل تركيز أيون الهيدروكسيد ثابتًا تقريبًا. يُسمى هذا المحلول المائي (C)، وتحدث ظاهرة مماثلة في محلول مائي مختلط يحتوي على كميات متساوية من حيث المول من المواد الموجودة في { D } و{ E }.

NH_3 (i) HCl (ii) NaCl (iii) NH_4Cl (iv) CH_3COOH (v)

الشرح

(أ) بما أن بيكربونات الصوديوم ملح لحمض ضعيف وحمض الهيدروكلوريك حمض قوي، يتكون كلوريد الصوديوم، وهو ملح لحمض قوي، ويُزاح الحمض الضعيف، حمض الكربونيك.

$$NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + H_2O + CO_2$$

(ب) (i) $NaCl$ ملح عادي مشتق من حمض قوي HCl وقاعدة قوية NaOH. لذلك، فهو متعادل.

(ii) $Ba(NO_3)_2$ ملح عادي مشتق من الحمض القوي HNO_3 والقاعدة القوية $Ba(OH)_2$. لذلك، فهو متعادل.

(iii) NH_4Cl ملح عادي مشتق من الحمض القوي HCl والقاعدة الضعيفة NH_3. لذلك، فهو حمضي.

(iv) CH_3COONa ملح عادي مشتق من الحمض الضعيف CH_3COOH والقاعدة القوية NaOH. لذلك، فهو قاعدي.

🌍 كن مواطنًا عالميًا

فهم المحلول المنظم يساعد العلماء على:

– تطوير أدوية أكثر أمانًا ومحاليل وريدية.

– رصد وحماية الأنظمة البيئية المائية من التحمض.

– تحسين تقنيات حفظ الأغذية.

– الحفاظ على ظروف مستقرة في العمليات الصناعية والحيوية.

– تعتمد العديد من تطبيقات الاستدامة والرعاية الصحية على التحكم في توازن التأين والتنظيم.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(جـ) **A:** $CH_3COO^- + H^+ \rightarrow CH_3COOH$

B: $CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$

C: محلول منظم

D، E: محلول مائي مختلط من الأمونيا NH_3 (قاعدة ضعيفة) وكلوريد الأمونيوم (ملح للأمونيا)، يُظهر فعل التنظيم. (iv) ،(i) (بأي ترتيب)

نشاط تفسير البيانات:

pH النهائي بعد إضافة HCl	pH الابتدائي	المحلول
3.0	7.0	الماء المقطر
4.7	4.8	محلول منظم CH_3COOH / CH_3COONa
.....	7.0	الجلوكوز

فكِّر كعالم كيمياء

١. ما المحلول الذي قاوم تغير pH بأكبر فعالية؟ .....

٢. ما الدليل الذي يدعم استنتاجك؟ .....

٣. كيف استجاب الاتزان للحمض المضاف؟ .....

٤. ما المحلول الذي يُظهر فعل التنظيم؟ .....

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. اكتب المعادلة الكيميائية المتزنة لكل من التفاعلات التالية:

(أ) إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى محلول أسيتات البوتاسيوم المائي.

(ب) إضافة محلول هيدروكسيد الكالسيوم المائي إلى محلول كلوريد الأمونيوم المائي.

٢. اذكر ما إذا كانت المحاليل المائية للأملاح التالية حمضية أم قاعدية أم متعادلة.

(أ) KNO_3 (ب) $(NH_4)_2SO_4$ (جـ) Na_2CO_3 (د) $NaHSO_4$

٣. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة:

حمض الأسيتيك حمض ضعيف، يتأين تأينًا غير تام في محلوله المائي، ويصل إلى حالة الاتزان الموضحة بالمعادلة (i)..... $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$

عند إضافة أسيتات الصوديوم إلى هذا المحلول المائي، يتفكك الملح بالكامل، فيزداد تركيز [A]، ووفقًا لمبدأ لو شاتيليه، يزاح الاتزان إلى (B). نتيجة لذلك، يقل تركيز H^+، مما يؤدي إلى محلول مائي تتوفر فيه كميات كبيرة من [C] و[D].

عند إضافة كمية صغيرة من حمض الهيدروكلوريك إلى هذا المحلول المائي المختلط، يتحرك اتزان المعادلة (i) إلى الاتجاه (E)، و $[F]_{(l)}$ الناتج من حمض الهيدروكلوريك يتحد مع الكمية الكبيرة من CH_3COO^- الموجودة ليصبح [G]. لذلك، يبقى تركيز $[H^+]$ في المحلول المائي المختلط ثابتًا تقريبًا.

كذلك، عند إضافة كمية صغيرة من هيدروكسيد الصوديوم إلى المحلول المائي المختلط، (II) ينتج [I] من هيدروكسيد الصوديوم يتفاعل مع CH_3COOH. لذلك، يبقى تركيز [J] في المحلول المائي ثابتًا تقريبًا. تُسمى هذه الوظيفة التي تحافظ على pH المحلول ثابتًا تقريبًا (K).

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

(أ) أدرج الصيغ الكيميائية المناسبة في [ ]، والكلمات المناسبة في ( ) في النص. يمكن إدراج العنصر نفسه عدة مرات.

.....

(ب) اكتب المعادلة الأيونية للتفاعل في الجزء الذي تحته خط (I).

.....

(جـ) اكتب المعادلة الأيونية للتفاعل في الجزء الذي تحته خط (II).

.....

فكّر بشكل نقدي:

يقارن عالم بين محلولين:

- **المحلول A**: حمض أسيتيك فقط.
- **المحلول B**: حمض أسيتيك + أسيتات صوديوم.

تُضاف نفس الكمية من حمض الهيدروكلوريك إلى كلا المحلولين.

قيّم الوضع:

١. أي محلول سيشهد تغيرًا أصغر في pH؟ .....

٢. ما الأيون المسئول بشكل أساسي عن مقاومة زيادة تركيز H^+؟ .....

٣. كيف يزاح الاتزان بعد إضافة أيونات H^+؟ .....

٤. لماذا يُعتبر المحلول المنظم نظام اتزان ديناميكي؟ .....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي من الأملاح التالية يعطي محلولاً مائيًا حمضيًّا؟

(أ) $NaCl$

(ب) $Ba(NO_3)_2$

(جـ) NH_4Cl

(د) CH_3COONa

الإجابة: .....

٢. أي من المعادلات الأيونية التالية تُفسّر عمل محلول أسيتات المنظم عند إضافة حمض؟

(أ) $CH_3COOH + OH^- \rightarrow CH_3COO^- + H_2O$

(ب) $CH_3COO^- + H^+ \rightarrow CH_3COOH$

(جـ) $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

(د) $NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3 + H_2O$

الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل بين المواد التالية:

(أ) $NaOH$ ، NH_4Cl

(ب) H_2SO_4 ، CH_3COONa

الإجابة: .....

٤. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة:

(I) عند إذابة أسيتات الصوديوم في الماء، تتفكك إلى أيونات أسيتات وأيونات صوديوم. يتفاعل جزء من أيونات الأسيتات مع جزيئات الماء لإنتاج أيونات هيدروكسيد، لذا يكون المحلول المائي (A) ضعيف.

(أ) أدرج كلمة مناسبة في (A). واكتب المعادلة الأيونية للتفاعل في (I)

(ب) اذكر ما إذا كان كل من المحاليل المائية التالية حمضيًا أم قاعديًا أم متعادلًا.

(i) حجمان متساويان من حمض هيدروكلوريك 0.10 mol/L
وهيدروكسيد بوتاسيوم 0.10 mol/L

(ii) حجمان متساويان من حمض أسيتيك 0.10 mol/L
وهيدروكسيد بوتاسيوم 0.10 mol/L

(iii) حجمان متساويان من حمض الهيدروكلوريك 0.10 mol/L
ومحلول أمونيا مائي 0.10 mol/L

الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

١٣-٢ – حاصل الإذابة

مقدمة

عند مزج محلولين أحدهما شفاف وعديم اللون، والآخر أصفر اللون. في البداية، لا يظهر أي تغير. وفجأة، تظهر مادة صلبة ذات لون أحمر قرمزي وتترسب في قاع الكأس. من أين أتت هذه المادة الصلبة؟

على المستوى المجهري، تتحرك الأيونات الذائبة باستمرار في المحلول. وتبقى ذائبة، بينما في أحيان أخرى تتحد لتكوّن راسبًا. ولتفسير ذلك يستخدم الكيميائيون مفهوم الذوبانية وثابت حاصل الإذابة (Ksp) للتنبؤ بدقة بموعد حدوث الترسيب.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف يتحكم الاتزان بين الأيونات الذائبة والمواد الصلبة، وكيف يستخدم العلماء Ksp للتنبؤ بالتغيرات الكيميائية في الأنظمة الطبيعية والصناعية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن للكيميائيين التنبؤ بما إذا كانت الأيونات الذائبة ستبقى في المحلول أم ستكوّن راسبًا؟

الاستكشاف

عند مزج محلول يحتوي على أيونات Ag^{+} مع محلول يحتوي على أيونات CrO_4^{-2}.

بدون دراسة الدرس:

- هل ستبقى الأيونات ذائبة؟

.....

- هل يمكن أن تتكون مادة صلبة رغم أن كلا المحلولين شفافان في البداية؟

.....

- ما العوامل التي قد تحدد ما إذا كان الترسيب سيحدث أم لا؟

.....

سجّل أفكارك وراجعها بعد دراسة اتزان الذوبانية.

بنية العلم

حقيقة أساسية:

يتحقق اتزان الذوبانية عندما يكون معدل الذوبان مساويًا لمعدل الترسيب.

- ثابت حاصل الإذابة (Ksp) يعتمد فقط على درجة الحرارة

المفاهيم لأساسية:

- اتزان الذوبانية.
- حاصل الإذابة (Ksp).
- المحلول المشبع.
- الاتزان الديناميكي.
- الذوبان.
- الترسيب.
- الحاصل الأيوني.
- تركيز الأيونات.
- ملح شحيح الذوبان.

تعلم

حاصل الإذابة

(أ) **اتزان الذوبانية:** حالة تحدث في المحلول المشبع يتساوى فيها معدل الذوبان مع معدل الترسيب، ولا يُلاحظ أي تغير ظاهري على المستوى المرئي.

(ب) **حاصل الإذابة:** حاصل ضرب تركيزات الأيونات المذابة عند اتزان الذوبانية.

يُرمز له بالرمز Ksp ويبقى ثابتًا مع ثبات درجة الحرارة.

(جـ) **التعبير عن حاصل الإذابة:**

عند ملح شحيح الذوبان في الماء A_aB_b يتكون من (A^{m+}, B^{n+}) في الاتزان التالي،

$$A_aB_b \rightleftharpoons aA^{m+} + bB^{n-} \qquad (am = bn)$$

يُعبَّر عن حاصل الإذابة K_{sp} كما يلي:

$$Ksp = [A^{m+}]^a [B^{n-}]^b$$

مثال: بالنسبة لكرومات الفضة Ag_2CrO_4، عندما يُنشأ توازن الذوبانية

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^{+} + CrO_4^{2-}$$

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

حاصل الإذابة: $Ksp = [Ag^+]^2[CrO_4^{2-}]$

(د) حاصل الإذابة والترسيب:

يتم تحديد ما إذا كان الترسيب سيحدث في محلول مائي من خلال مقارنة حاصل ضرب التركيزات المولارية للأيونات بثابت حاصل الإذابة.

مثال: في حالة كرومات الفضة Ag_2CrO_4:

- عندما $Ksp \leq [Ag^+]^2[CrO_4^{2-}]$، لا يحدث ترسيب.
- عندما $Ksp > [Ag^+]^2[CrO_4^{2-}]$، يحدث ترسيب.

(عندما تتحقق المساواة، يُنشأ توازن ذوبانية)

مثال:

عند إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S في محلول مائي يحتوي على $1.0 \times 10^{-4}\ mol/L$ من أيونات الرصاص (II) Pb^{2+}، فأصبح تركيز أيون الكبريتيد $1.0 \times 10^{-20}\ mol/L$

أجب عن الأسئلة التالية.

(أ) اكتب المعادلة الأيونية عند اتزان الذوبانية.

(ب) عبّر عن حاصل الإذابة K_{sp}.

(جـ) هل يحدث ترسيب لكبريتيد الرصاص (II) PbS؟ بفرض أن حاصل إذابة PbS هو $Ksp = 1.0 \times 10^{-28}\ mol^2/L^2$.

التصورات الخطأ

✗ فكرة خاطئة: «إذا كانت مادة صلبة مرئية في محلول، فإن الاتزان قد توقف.»

✓ الصحيح: يستمر الاتزان لأن الذوبان والترسيب يحدثان في الوقت نفسه وبمعدلات متساوية.

الشرح

(أ) يتأين كبريتيد الهيدروجين إلى ($2H^+$ ، S^{2-}) في المحلول المائي، تتفاعل أيونات (Pb^{2+}) مع أيونات (S^{2-}) ويتكون راسب من PbS.

$$Pb^{2+} + S^{2-} \rightleftharpoons PbS(s)$$

(ب) من (أ)، بما أن جميع معاملات المعادلة الكيميائية تساوي 1، فإن:

$$Ksp = [Pb^{2+}][S^{2-}]$$

(جـ) قارن حاصل ضرب التركيزات المولارية للأيونات، الذي يُعبَّر عنه بنفس صيغة K_{sp}، مع K_{sp}.

بافتراض أن ترسيب PbS لا يحدث ، وحيث إن :

$[Pb^{2+}] = 1.0 \times 10^{-4}\ mol/L$ و $[S^{2-}] = 1.0 \times 10^{-20}\ mol/L$

فإن:

$$[Pb^{2+}][S^{2-}] = 1.0 \times 10^{-4}\ mol/L \times 1.0 \times 10^{-20}\ mol/L = 1.0 \times 10^{-24}\ mol^2/L^2$$

وبما أن $Ksp = 1.0 \times 10^{-28}\ mol^2/L^2$

فإن $[Pb^{2+}][S^{2-}] > Ksp$

لذلك، يحدث ترسيب.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

نشاط تفسير البيانات:

تحليل البيانات التجريبية

المحلول	$[Ag^+]$ (mol/L)	$[CrO_4^{2-}]$ (mol/L)	حاصل الأيونات
A	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-12}
B	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-6}

بافتراض: $Ksp\ (Ag_2CrO_4) = 1.0 \times 10^{-11}$

فكّر كعالم كيمياء:

١. في أي محلول يكون الترسيب أكثر احتمالاً؟ .....

٢. أي محلول له حاصل أيونات أكبر من Ksp؟ .....

٣. ما الدليل الذي يدعم استنتاجك؟ .....

٤. ماذا يحدث عندما يتجاوز حاصل الأيونات قيمة Ksp؟ .....

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

محلول مائي يكون به التركيز المولاري لأيونات الماغنسيوم (Mg^{2+}) يساوي 1.0×10^{-3}، يبدأ ترسيب هيدروكسيد الماغنسيوم $Mg(OH)_2$ عندما يتجاوز تركيز أيونات الهيدروكسيد $([OH^-])$ لقيمة × [mol/L]). إذا علمت أن حاصل إذابة $Mg(OH)_2$ يساوي 1.0×10^{-11} mol/L.

فأجب عن الأسئلة التالية.

(أ) اكتب المعادلة الأيونية التي تعبر عن الوصول إلى اتزان الذوبانية.

(ب) اكتب تعبير حاصل الإذابة لـ Ksp.

(جـ) حدد قيمة x لأقرب رقمين عشريين.

الإجابة: .....

فكّر بشكل نقدي:

يُطلق مصنع مياه صرف صناعي تحتوي على أيونات Pb^{2+}. في نظام معالجة اقترح عالم إضافة أيونات كبريتيد (S^{2-}) لإزالة أيونات الرصاص على شكل PbS الصلب.

قيّم الاقتراح:

١. لماذا قد يحدث ترسيب PbS؟ .....

٢. ما الدور الذي يلعبه Ksp في هذه العملية؟ .....

٣. كيف يمكن للترسيب أن يقلل من التلوث البيئي؟ .....

٤. ما الدليل الذي يؤكد أن أيونات Pb^{2+} قد ترسبت؟ .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

أجب عن الأسئلة التالية لأقرب رقمين عشريين :

$(Na = 23، Cl = 35.5، Ag = 108)$

إذا كانت ذوبانية كلوريد الفضة عند 25 °C هي 1.9 mg/L.

(أ) ما التركيز المولاري لأيونات Ag^+ في محلول مشبع من كلوريد الفضة عند $25°C°$ [بوحدة mol/L]؟

(ب) حدد حاصل إذابة كلوريد الفضة عند 25°C.

(جـ) عند إضافة كلوريد الصوديوم تدريجيًّا إلى 100 mL من محلول نترات فضة مائي بتركيز 1.0×10^{-3} mol\L ما أقل كتلة من كلوريد الصوديوم التي يجب إضافتها لبدء ترسيب كلوريد الفضة؟

الإجابة: .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

سؤال الوحدة

أنظمة الطاقة المستدامة: اختيار أفضل تقنية لمدينة خضراء.

تخطط مدينة لتقليل انبعاثاتها الكربونية من خلال استبدال أنظمة الطاقة التقليدية بتقنيات أنظف يقوم المهندسون بتقييم ثلاث تقنيات:

١. **خلايا** وقود الهيدروجين

٢. بطاريات الرصاص الحمضية

٣. إنتاج الهيدروجين بالتحليل الكهربي

تم جمع البيانات التالية.

مجموعة البيانات 1: معلومات الطاقة والبيئة

التقنية	العملية الكيميائية الرئيسية	ΔH (كيلوجول/مول)	الناتج الرئيسي
خلية وقود الهيدروجين	$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$	−572	ماء
بطارية الرصاص الحمضية (التفريغ)	$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$	تطلق طاقة	ماء وكبريتات الرصاص $PbSO_4$
التحليل الكهربائي للماء	$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$	+572	هيدروجين وأكسجين

مجموعة البيانات 2: إنتاج الشحنة الكهربية

النظام	عدد مولات الإلكترونات المنقولة
النظام A	1.0 mole
النظام B	2.0 mole
النظام C	5.0 mole

.....

.....

القسم أ: سؤال الاختيار من متعدد

أي من العبارات التالية تدعمها البيانات بشكل أفضل؟

(أ) التحليل الكهربائي للماء عملية طاردة للحرارة لأنه ينتج الهيدروجين.

(ب) خلايا الوقود والتحليل الكهربائي لهما نفس التغيّر في الطاقة لأنهما نفس العملية.

(جـ) يتطلّب التحليل الكهربي للماء امتصاص طاقة، بينما تُطلق خلايا الوقود الطاقة.

(د) تستهلك بطاريات الرصاص الحمضية وخلايا الوقود كلتاهما الماء كأحد المتفاعلات.

الإجابة: .....

الأدلة: .....

القسم ب: إجابة قصيرة

عرّف التغيّر في المحتوى الحراري (ΔH) واشرح الفرق بين العملية الطاردة للحرارة والعملية الماصة للحرارة باستخدام البيانات المقدمة.

.....

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

القسم ج: مسألة منظمة

احسب واشرح باستخدام مجموعة البيانات 2:

(أ) احسب الشحنة الكهربائية الناتجة عن كل نظام.

(ب) حدّد أي الأنظمة يمكنه إحداث أكبر قدر من التغير الكيميائي.

(جـ) اشرح استدلالك باستخدام قانون فاراداي.

.....

القسم د: تحليل الاستجابة للبيانات

يدّعي أحد الطلاب ما يلي:

«يجب أن تحلّ خلايا وقود الهيدروجين محل بطاريات الرصاص الحمضية بشكل كامل لأنها تنتج الماء فقط.»

قيّم هذا الادّعاء.

في إجابتك:

- ناقش المزايا العلمية،
- ناقش القيود،
- ضع في الاعتبار إنتاج الطاقة وتخزينها واستدامتها،
- استخدم أدلة من دراسة الحالة.

.....

القسم هـ: مقال موسّع

إلى أي مدى يمكن أن تُسهم التقنيات الكهروكيميائية في مستقبل طاقة مستدام؟

في إجابتك:

- اشرح دور تفاعلات الأكسدة والاختزال في الخلايا الكهروكيميائية.

.....

- قارن بين خلايا الوقود وبطاريات الرصاص الحمضية والتحليل الكهربائي.

.....

- حلّل العلاقة بين التغيّرات في الطاقة (ΔH) وإنتاج الطاقة الكهربائية.

.....

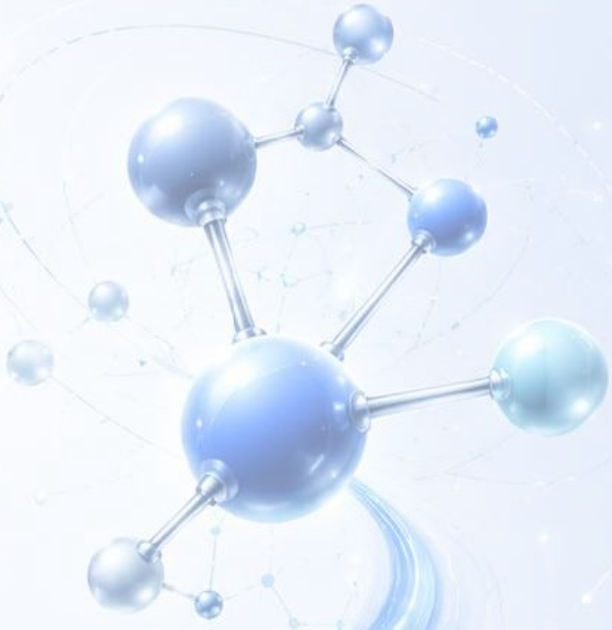
- ناقش الآثار البيئية والاقتصادية لكل تقنية.

.....

- استخدم الأدلة العلمية لدعم استنتاجاتك.

.....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي



المؤلفون

Maki Komizo

Takayuki Kobayashi

Asato Tanaka

Koto Yasuda

المراجعون

أ.د. بشرى مسعد عوض

أ.د. محمد أبو ريه

أ.م.د. سالي كمال إبراهيم

د. محمد عارف

د. عزيزة رجب خليفة

د. حنان أبو العباس محمد

أ. سامح منصور

أ. جمال اليمني السيد

الإشراف العام

د. جبريل أنور حميدة

رئيس الادارة المركزية لتطوير المناهج

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الكيمياء

البكالوريا المصرية

الصف الثاني الثاني

الجزء الثاني

11

SPRIX

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الكيمياء

البكالوريا المصرية

الصـــف الثـــاني

Advised by
INTERNATIONAL BACCALAUREATE®

The International Baccalaureate™

has reviewed the pedagogical and assessment approaches underpinning this textbook.

© 2026 Ministry of Education and Technical Education

All rights reserved.

Copyrights and accountability for the content of this textbook remain with the Ministry of Education and Technical Education.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system,

or transmitted in any form or by any means - electronic, mechanical, photocopying, recording,

or otherwise - without the prior written permission of the copyright holders.

Ministry of Education and Technical Education

New Administrative Capital

Cairo, Egypt

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

كيف تستخدم هذا الكتاب

يتّبع كل درس مسارًا استكشافيًّا يقودك في رحلة علمية شيِّقة:
لاحظْ • تساءلْ • استقصِ • فسِّرْ • طبِّقْ • قيِّمْ.

1 سؤال توجيهي
ينطلق كل درسٍ بسؤالٍ موجّه؛ يستثير تفكيرك، ويُحفّزك على ربط المفاهيم الكيميائية بالظواهر الواقعية من حولك.

2 مقدمة
سيناريو قصير أو ظاهرة أو سياق واقعي يقدّم الدرس ويوضح أهمية الموضوع في الحياة اليومية والتكنولوجيا والمجتمع.

3 تعلم
تُطرح من خلالها المفاهيم الأساسية، والتعريفات، والقوانين، والمبادئ، والنماذج العلمية بوضوح وفق بنية منهجية مُحكمة.

4 الاستكشاف
استقصِ الأنماط، وحلِّل الأدلة، وحدِّد العلاقات، وتنبأ بالنتائج قبل تقديم التفسيرات الرسمية.

5 مثال
تضم أسئلةً ونماذج استرشادية تعينك على توظيف المعرفة، وتهيئتك لاستيعاب معرفي أعمق.

6 الشرح
يركز الشرح على عمليات لتفكير العلمي و إجراء العمليات الحسابية و حل المشكلات.

7 فكّر كعالم كيمياء
استخدم التفكير العلمي لبناء استنتاجات مدعومة بالأدلة، وتقييم الادعاءات، وتفسير النتائج التجريبية.

8 فكّر كمهندس
استخدم مفاهيم الكيمياء لحل المشكلات العملية واتخاذ قرارات مبنية على الأدلة في سياقات تكنولوجية وهندسية.

9 تطبيق حياتى
اكتشف كيف تؤثر الكيمياء في تحقيق الاستدامة، وتعزيز الصحة، وإنتاج الطاقة، والصناعة والنقل والحياة اليومية.

10 بنية العلم
استكشف المفاهيم والنماذج والمبادئ العلمية التي تربط الدرس لتحقيق فهم علمي أعمق.

11 طبيعة العلم
استكشف منهجية العلماء في جمع الأدلة، وتصميم التجارب، وتحليل البيانات، لصياغة تفسيرات علمية موثوقة.

12 التصورات الخطأ
تعرَّف على التصورات الخاطئة للمفاهيم الكيميائية ليصبح فهمك أكثر دقة وسلامة علمية.

13 المعادلات في لمحة
يقدم خلاصةً شاملة للصيغ، والرموز، والعلاقات الجوهرية؛ لتكون مرجعًا سريعًا يسهل الرجوع إليه.

14 حاول بنفسك
طبّق المفاهيم الجديدة من خلال أسئلة موجهة وتمارين منظمة (ممارسة ما تعلمته).

15 تدرب
عمّق استيعابك عبر منظومة أسئلةٍ متدرجة الصعوبة؛ تُحفّز مهارات التفكير، والتحليل، والحل الحسابي المنهجي.

16 تحدَّ تفكيرك
تعامل مع أسئلة عالية المستوى تتطلب التقييم والتركيب وحل المشكلات والحجج العلمي.

17 فكر وتأمل
راجع المفاهيم الأساسية من الدرس الحالي والدروس السابقة؛ لتعزيز الاستيعاب المستدام، وضمان جاهزيتك التامة للاختبارات.

الفهرس
موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

دروسك في منهج البكالوريا المصرية

كل درس مرتبط بموضوع في منهج الكيمياء ضمن إطار البكالوريا المصرية

الفصل الثالث - المواد غير العضوية

٣-١ الهيدروجين والغازات النبيلة ١
٣-٢ الهالوجينات ومركباتها ٦
٣-٣ الأكسجين والكبريت ومركباتهما ١١
٣-٤ النيتروجين والفوسفور ومركباتهما ١٧
٣-٥ الكربون والسيليكون ومركباتهما ٢٢
٣-٦ الفلزات القلوية ومركباتها ٢٧
٣-٧ العناصر الأرضية القلوية ومركباتها ٣٣
٣-٨ الفلزات الممثلة بخلاف المجموعتين ١ و ٢ ..... ٣٩
٣-٩ العناصر الانتقالية ومركباتها (١) (الحديد، النحاس، الفضة) ٤٥
٣-١٠ العناصر الانتقالية ومركباتها (٢) (الذهب، الكروم، المنجنيز) ٥١
٣-١١ تفاعلات الترسيب وفصل أيونات الفلزات ٥٦

الفصل الرابع - المركبات العضوية

٤-١ الروابط التساهمية ٦٤
٤-٢ خصائص وتراكيب المركبات العضوية ٦٨
٤-٣ تحديد الصيغ البنائية للمركبات العضوية ٧٤
٤-٤ الهيدروكربونات المشبعة ٨٠
٤-٥ الهيدروكربونات غير المشبعة (١) (الألكينات) ٨٥
٤-٦ الهيدروكربونات غير المشبعة (٢) (الألكاينات) ٩١
٤-٧ الكحولات والإيثرات ٩٦
٤-٨ الألدهيدات والكيتونات ١٠٢
٤-٩ الأحماض الكربوكسيلية ١٠٨
٤-١٠ الإسترات ١١٣
٤-١١ الدهون والزيوت / الصابون ١١٨
٤-١٢ الهيدروكربونات الأروماتية ١٢٣
٤-١٣ الفينولات والأحماض الكربوكسيلية الأروماتية ١٢٧
٤-١٤ الأمينات الأروماتية ومركبات الآزو ١٣٢
٤-١٥ فصل المركبات الأروماتية ١٣٧

الفهرس

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الفصل الثالث

المواد غير العضوية

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٣-١ — الهيدروجين والغازات النبيلة

مقدمة

يُستخدم الهيدروجين وقودًا للمركبات الفضائية، كما يدخل في تشغيل خلايا الوقود، وقد يصبح في المستقبل كأحد أهم مصادر الطاقة النظيفة في العالم. وعلى الجانب الآخر، نادرًا ما تتفاعل الغازات النبيلة، مثل الهيليوم والنيون، مع المواد الأخرى؛ ومع ذلك، فإنها تؤدي أدوارًا مهمة في الإضاءة، وحفظ بعض المواد، وتشغيل عدد من التقنيات الطبية المتقدمة.

سوف تستكشف في هذا الدرس كيف يؤثر التوزيع الإلكتروني في السلوك الكيميائي للعناصر، ولماذا تختلف خواص الهيدروجين عن خواص الغازات النبيلة، على الرغم من أهمية كلٍّ منهما في العلوم والتكنولوجيا الحديثة.

؟ سؤال توجيهي: كيف يحدد التوزيع الإلكتروني ما إذا كان العنصر نشطًا كيميائيًّا أم مستقرًّا؟

الاستكشاف

يرتفع بالون الأرصاد الجوية المملوء بغاز الهيليوم بأمان في طبقات الجو، بينما قد ينفجر بالون آخر مملوء بغاز الهيدروجين عند اشتعاله، مع أن كليهما من أخف الغازات.

فلماذا يختلف سلوكهما إلى هذا الحد؟

ناقش الأسئلة الآتية قبل دراسة الدرس:

١. أي الغازين تختار لملء بالونات الأرصاد الجوية؟ ولماذا؟ .....

٢. لماذا يُستخدم الهيدروجين وقودًا، بينما لا يُستخدم الهيليوم لهذا الغرض؟ .....

٣. ما الخاصية التي تجعل الغازات النبيلة ضعيفة النشاط الكيميائي؟ .....

تعلم

أولًا: الهيدروجين H_2:

خواص الهيدروجين:

١. غاز عديم اللون والرائحة، وهو أخف الغازات.

٢. شحيح الذوبان في الماء.

٣. يختزل أكاسيد بعض الفلزات عند درجات الحرارة المرتفعة.

$$CuO + H_2 \xrightarrow{\Delta} Cu + H_2O$$

الشكل 3.1.1 اختزال النحاس

في هذا التفاعل، ينتزع الهيدروجين الأكسجين من أكسيد النحاس الثنائي؛ لذلك يعمل عاملًا مختزلًا.

٤. يُستخدم في خلايا الوقود.

٥. يمكن تحضيره بإضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف أو حمض الكبريتيك المخفف إلى بعض الفلزات، مثل الحديد أو الألومنيوم.

ومن أمثلة ذلك تفاعل الحديد مع حمض الكبريتيك المخفف:

$$Fe + H_2SO_4 \xrightarrow{Dil} FeSO_4 + H_2\uparrow$$

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- الهيدروجين أخف العناصر، ويمكن أن يكون عاملًا مختزلًا.
- تمتلك الغازات النبيلة أغلفة إلكترونية خارجية مكتملة؛ ولذلك تتميز بدرجة عالية من الاستقرار الكيميائي.
- يساعد التوزيع الإلكتروني على تفسير كثير من الخواص الكيميائية والاتجاهات الدورية للعناصر.

المفاهيم الأساسية:

- الهيدروجين
- الأكسدة
- الاختزال
- التوزيع الإلكتروني
- إلكترونات التكافؤ
- الغازات النبيلة
- الدورية
- الاستقرار الكيميائي
- خلايا الوقود.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

طبيعة العلم:

لاحظ:

يتفاعل الهيدروجين مع أكسيد النحاس الثنائي الساخن، فيتكون النحاس والماء:

$$CuO + H_2 \xrightarrow{\Delta} Cu + H_2O$$

استنتج

ما دور الهيدروجين في هذا التفاعل؟

توقّع

هل يمكن أن يتفاعل الهيدروجين بالطريقة نفسها مع أكاسيد فلزات أخرى؟ فسّر إجابتك.

التصورات الخطأ:

الفكرة الخاطئة:

✗ «الغازات النبيلة لا تتفاعل أبدًا تحت أي ظروف.»

التصحيح:

✓ معظم الغازات النبيلة تتميز بأنها غير نشطة بدرجة كبيرة، لكن الغازات النبيلة الثقيلة مثل الزينون يمكنها تكوين مركبات في ظل ظروف خاصة.

ثانيًا: الغازات النبيلة:

(أ) الغازات النبيلة:

١. تقع الغازات النبيلة في المجموعة **18** من الجدول الدوري، وتشمل:

الهيليوم He ، والنيون Ne ، والأرجون Ar ، والكريبتون Kr ، والزينون Xe ، والرادون Rn ، والأوجانيسون Og ، الرادون Rn

٢. يحتوي مستوى الطاقة الخارجي لذراتها على **ثماني إلكترونات**، باستثناء الهيليوم الذي يحتوي مستوى طاقته الوحيد على **إلكترونين**.

٣. يكتمل مستوى الطاقة الخارجي في ذرات الغازات النبيلة؛ ولذلك تتميز بدرجة عالية من الاستقرار، ويكون تكافؤها في الظروف المعتادة **صفرًا**.

خواص الغازات النبيلة

١. غازات **عديمة اللون والرائحة في درجة حرارة الغرفة**.

٢. توجد في الهواء بنسب ضئيلة.

٣. تتميز بانخفاض درجات انصهارها وغليانها.

٤. خاملة كيميائيا؛ فلا تتفاعل بسهولة مع العناصر الأخرى.

٥. يصدر بعضها ضوءًا مميزًا عند مرور تيار كهربائي في أنبوب يحتوي عليه عند ضغط منخفض.

بعض خواص الغازات النبيلة واستخداماتها

العنصر	الرمز الكيميائي	التوزيع الإلكتروني على مستويات الطاقة	درجة الغليان (°C)	بعض الاستخدامات
الهيليوم	$_2He$	2	−269	المناطيد الموجهة (أو السفن الهوائية) – التجارب الكريوجينية.
النيون	$_{10}Ne$	2، 8	−246	لافتات الإضاءة.
الأرجون	$_{18}Ar$	2، 8، 8	−186	ملء بعض المصابيح، وتوفير وسط خامل في عمليات اللحام.
الكريبتون	$_{36}Kr$	2، 8، 18، 8	−152	بعض أنواع المصابيح ومصادر الإضاءة
الزينون	$_{54}Xe$	2، 8، 18، 18، 8	−107	مصابيح الوميض في آلات التصوير.
الرادون	$_{86}Rn$	2، 8، 18، 32، 18، 8	−62	استخدامات محدودة في التطبيقات الطبية باستخدام الاشعاع.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الكيمياء في حياتنا:

الهيدروجين: وقود المستقبل

تنتج خلايا الوقود التي تعمل بالهيدروجين طاقة كهربائية، ويكون الماء هو الناتج المباشر الرئيسي لتفاعلها. لهذا تتطور تقنيات الهيدروجين حاليًّا للاستفادة منها في مجالات متعددة، منها:

- تشغيل المركبات منخفضة الانبعاثات.
- دفع المركبات الفضائية.
- تخزين الطاقة المتجددة.
- تطوير وسائل نقل أكثر استدامة.

مثال:

أجب عن الأسئلة الآتية:

١. اختر عبارة واحدة غير صحيحة من بين الأوصاف التالية حول الهيدروجين، وأجب.

(أ) الهيدروجين أخف الغازات، وشحيح الذوبان في الماء.

(ب) يتصاعد الهيدروجين عند إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى الزنك.

(جـ) يعمل الهيدروجين عاملًا مؤكسدًا، ويتفاعل مع النحاس الساخن لتكوين أكسيد النحاس الثنائي.

٢. اختر عبارة واحدة غير صحيحة من بين الأوصاف التالية حول الغازات النبيلة، وأجب.

(أ) تتميز الغازات النبيلة بانخفاض درجات انصهارها وغليانها.

(ب) تحتوي جميع الغازات النبيلة على ثماني إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي.

(جـ) تنتمي جميع عناصر المجموعة 18 إلى الغازات النبيلة.

الشرح

العبارة (جـ) غير صحيحة؛ لأن الهيدروجين يمثل عاملًا مختزلًا عند تفاعله مع أكسيد النحاس II الساخن، فينتزع منه الأكسجين ويتكون النحاس والماء.

الإجابة: (ب)؛ لأن ذرة الهيليوم تحتوي مستوى طاقتها الخارجي والوحيد على إلكترونين.

نشاط تفسير البيانات:

ادرس البيانات الواردة في الجدول الآتي، ثم أجب عن الأسئلة:

الغاز	النشاط الكيميائي النسبي	أحد الاستخدامات الشائعة
الهيدروجين	مرتفع	خلايا الوقود
الهيليوم	منخفض جدًّا	بالونات الأرصاد الجوية
النيون	منخفض جدًّا	لافتات الإضاءة
الأرجون	منخفض جدًّا	توفير وسط خامل في عمليات اللحام

كن مواطنًا عالميًا

تسهم الغازات النبيلة في تطوير تقنيات أكثر أمانًا واستدامة من خلال:

- تحسين كفاءة بعض نظم الإضاءة.
- دعم تقنيات التصوير الطبي والعلاج الإشعاعي.
- الإسهام في أبحاث الفضاء واستكشافه.
- توفير أوساط خاملة في بعض العمليات الصناعية.

ويساعد فهم خواص الغازات النبيلة العلماء والمهندسين على تطوير عمليات صناعية أكثر أمانًا، وتقنيات أكثر كفاءة واستدامة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

فكّر كعالم كيميائى:

١. أي الغازات الواردة في الجدول أكثر نشاطًا كيميائيًّا؟

.....

٢. أي الغازات يصلح لتوفير وسط يحمي المواد من التأكسد؟

.....

٣. ما الدليل المستمد من الجدول الذي يدعم إجابتك؟

.....

٤. كيف يفسر التوزيع الإلكتروني اختلاف النشاط الكيميائي بين الهيدروجين والغازات النبيلة؟

.....

حاول بنفسك:

١. حدد ما إذا كانت كل عبارة مما يأتي صحيحة أم غير صحيحة:

(أ) الهيدروجين أخف الغازات، وهو شديد الذوبان في الماء.

(ب) يعمل الهيدروجين عاملًا مؤكسدًا عند تفاعله مع أكسيد النحاس II الساخن، وينتج عن التفاعل فلز النحاس.

(جـ) يُستخدم الهيدروجين مع الأكسجين في بعض أنواع خلايا الوقود.

٢. حدد ما إذا كانت كل عبارة مما يأتي صحيحة أم غير صحيحة:

(أ) معظم الغازات النبيلة قابلة للاشتعال بدرجة كبيرة.

(ب) توجد بعض الغازات النبيلة في الحالة السائلة في درجة حرارة الغرفة وتحت الضغط الجوي المعتاد.

(جـ) تحتوي جميع ذرات الغازات النبيلة على ثماني إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي.

(د) تتسم الغازات النبيلة بضعف نشاطها الكيميائي في الظروف المعتادة.

التفكير النقدي:

ترغب إحدى الشركات في استخدام الهيدروجين بدلًا من الهيليوم في ملء البالونات التجارية؛ لأن الهيدروجين أقل تكلفة.

قيّم هذا المقترح في ضوء ما يأتي:

١. ما المزايا العلمية والاقتصادية لاستخدام الهيدروجين؟

.....

٢. ما مخاطر السلامة التي قد تنتج عن استخدامه؟

.....

٣. أي الغازين توصي الشركة باستخدامه؟

.....

ادعم توصيتك بأدلة علمية.

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي الخواص الآتية تجعل الهيليوم مناسبًا لملء بالونات الأرصاد الجوية؟

(أ) كثافته المرتفعة. (ب) نشاطه الكيميائي المرتفع.

(جـ) كثافته المنخفضة واستقراره الكيميائي. (د) ذوبانه الشديد في الماء.

الإجابة: .....

٢. لماذا يستطيع الهيدروجين اختزال أكسيد النحاس II؟

(أ) لأن الهيدروجين يكتسب الأكسجين.

(ب) لأن الهيدروجين ينتزع الأكسجين من أكسيد النحاس II

(جـ) لأن النحاس يفقد إلكترونات للهيدروجين.

(د) لأن الهيدروجين يمثل عاملًا مؤكسدًا.

الإجابة: .....

٣. اختر عبارة واحدة غير صحيحة من بين الشرح التالي:

(أ) الهيدروجين أخف الغازات، وهو شديد الذوبان في الماء.

(ب) يعمل الهيدروجين عاملًا مختزلًا عند تفاعله مع أكسيد النحاس II الساخن.

(جـ) يُستخدم الهيدروجين مع الأكسجين في بعض أنواع خلايا الوقود.

(د) يتصاعد الهيدروجين عند إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى الزنك.

الإجابة: .....

٤. اختر عبارة واحدة صحيحة من بين الشرح التالي:

(أ) توجد الغازات النبيلة في الهواء غالبًا على هيئة مركبات.

(ب) تحتوي جميع ذرات الغازات النبيلة على ثماني إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي.

(جـ) جميع الغازات النبيلة العنصرية غازات في درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي العادي.

(د) العديد من الغازات النبيلة قابلة للاشتعال بدرجة عالية.

(هـ) عندما يُحفظ غاز نبيل تحت ضغط منخفض، فإنه يُصدر ضوءًا بلون مميز.

الإجابة: .....

تحدَّ تفكيرك:

يدّعي أحد الباحثين:

«لأن الهيدروجين أخف العناصر، فإنه يجب أن يكون دائمًا أكثر الغازات أمانًا لرفع البالونات»

قيّم هذا الادعاء بالإجابة عن الأسئلة الآتية:

١. هل يقوم هذا الاستدلال على أساس علمي صحيح؟

.....

٢. ما الخواص الأخرى التي يجب مراعاتها إلى جانب كثافة الغاز؟

.....

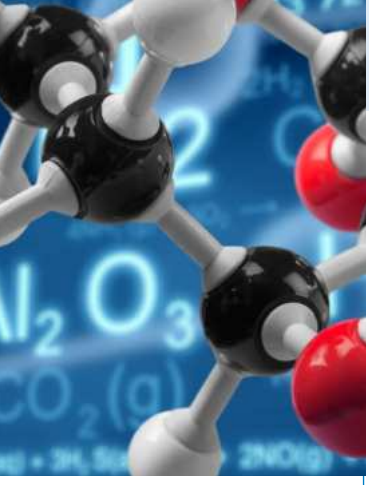
٣. لماذا يُفضّل استخدام الهيليوم في العديد من التطبيقات العملية؟

.....

٤. استخدم أدلة علمية لتبرير إجابتك.

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



٣-٢ — الهالوجينات ومركباتها

مقدمة

تخيّل أنك تسبح في حمام سباحة في يوم صيفي حار. يبدو الماء نظيفًا وآمنًا؛ لأنه تم تطهيره بمركبات الكلور للقضاء على الكائنات الدقيقة الضارة. وفي أحد المعامل، يضيف خبير في الأدلة الجنائية بضع قطرات من محلول نترات الفضة إلى محلول مجهول، فيتعرف من لون الراسب المتكوّن على نوع أيون الهاليد الموجود فيه.

وعلى الرغم من أن الهالوجينات من أكثر اللافلزات نشاطًا، فإنها تؤدي أدوارًا مهمة في الصحة العامة، والتحليل الكيميائي، والطب، والصناعة. ويرتبط سلوكها بالاتجاهات الدورية، وتفاعلات الأكسدة والاختزال، وانتقال الإلكترونات.

سوف تستكشف في هذا الدرس أسباب اختلاف الهالوجينات في قدرتها التأكسدية، وكيفية الكشف عن أيونات الهاليدات، وأهمية مركبات الكلور في المجتمع الحديث.

؟ سؤال توجيهي: لماذا تختلف الهالوجينات في نشاطها الكيميائي، على الرغم من وقوعها في المجموعة نفسها من الجدول الدوري؟

الاستكشاف

تم استخدام كمية متساوية من المطهر في حوضي سباحة.

وبقي أحدهما صافياً تماماً.

أما الآخر فيتعكّر ويتلوّث بسرعة.

دون دراسة الدرس:

ناقش الأسئلة الآتية قبل دراسة الدرس:

- ما هي الخصائص الكيميائية التي تجعل الكلور مطهرًا فعالًا؟

.....

- لماذا تُستخدم مركبات الكلور بدلًا من غاز الكلور النقي في العديد من التطبيقات؟

.....

- كيف يمكن للكيميائيين التحقق من وجود أيونات الكلوريد

.....

تعلم

١. الهالوجينات:

(الفلور F ، الكلور Cl ، البروم Br ، اليود I ، الأستاتين At) وتقع في المجموعة 17 من الجدول الدوري.

عناصر الهالوجينات:

توجد الهالوجينات في حالتها العنصرية على هيئة جزيئات ثنائية الذرة وتعمل كعوامل مؤكسدة.

ترتيب الهالوجينات حسب قوتها كعوامل مؤكسدة قوية $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$

خواص غاز الكلور:

- غاز **سام** أصفر مخضر.
- له **رائحة نفاذة** خانقة.
- **كثافته أكبر** من كثافة الهواء.
- **يذوب** ويتفاعل جزئيًّا مع الماء.....

يُجمع بإزاحة الهواء لأسفل، ولا يُجمع بإزاحة الماء.

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- تقع الهالوجينات في المجموعة 17 من الجدول الدوري.
- توجد الهالوجينات في صورة جزيئات ثنائية الذرة.
- تقل قدرة الهالوجينات على التأكسد بالانتقال إلى أسفل المجموعة.
- تتفاعل أيونات الهاليدات مع أيونات الفضة بطرائق تساعد على التمييز بينها.

المفاهيم الأساسية:

- الهالوجينات
- الهاليدات
- قوة التأكسد
- الأكسدة والاختزال
- الإحلال
- الترسيب
- الكشف الكيميائي
- التطهير

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

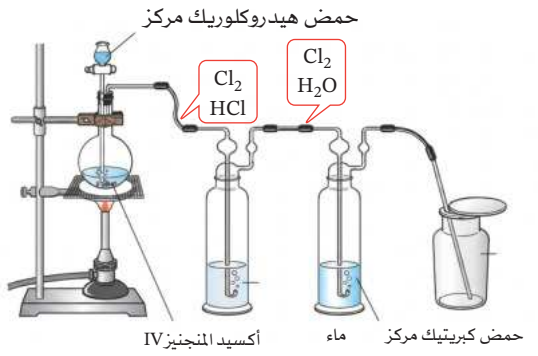
تحضير غاز الكلور

يُحضّر غاز الكلور في المعمل بتسخين أكسيد المنجنيز(IV) مع حمض الهيدروكلوريك المركز و التسخين وفقا للمعادلة:

$$MnO_2 + 4HCl \xrightarrow{\Delta} MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2\uparrow$$

❶ يتم التخلص من كلوريد الهيدروجين بواسطة الماء.

❷ يتم التخلص من الماء بواسطة حمض الكبريتيك المركز



الشكل 3.2.1 تحضير غاز الكلور
الغاز الناتج خليط من مواد أخرى غير الكلور

طبيعة العلم:

لاحظ:

الكلور غاز أصفر مخضر، له رائحة نفاذة، وكثافته أكبر من كثافة الهواء، كما أنه يذوب في الماء.

فسّر:

لماذا يُجمع غاز الكلور بإزاحة الهواء لأسفل، ولا يجمع بإزاحة الماء لأعلى؟

.....

توقّع

ماذا يحدث إذا حاولنا جمع غاز الكلور بإزاحة الماء لأعلى؟

.....

٢. مركبات الهالوجينات

(أ) هاليدات الهيدروجين:

هاليدات الهيدروجين مركبات تتكون من اتحاد الهيدروجين بأحد الهالوجينات:

وهي غازات عديمة اللون في الظروف المعتادة، وتتميز روائح كثير منها بالنفاذ، كما أن لها تأثيرات ضارة أو سامة بدرجات متفاوتة.

(i) فلوريد الهيدروجين HF

يسمى محلوله المائي **حمض الهيدروفلوريك**، وهو **حمض ضعيف** مقارنة ببقية أحماض هاليدات الهيدروجين في الماء.

[تفسير كونه حمضًا ضعيفًا]

يتمتع الفلور (F) **بسالبية كهربية عالية جدًّا** (ميل إلى جذب الإلكترونات بقوة). ونتيجة لذلك، تترابط جزيئات HF **بروابط هيدروجينية**. مما يجعل من الصعب على الجزيء فقد أيونات الهيدروجين (H^+) في الماء، مما يؤدي إلى ضعف حامضيته.

ويتميز حمض الهيدروفلوريك بقدرته على التفاعل مع السيليكا؛ لذلك يُستخدم في حفر الزجاج، ولا يُحفظ في أوعية زجاجية.

(ii) كلوريد الهيدروجين HCl

يسمى محلوله المائي حمض الهيدروكلوريك، وهو حمض قوي.

وعند تفاعل غاز كلوريد الهيدروجين مع غاز الأمونيا NH_3، تتكون بلورات كلوريد الأمونيوم NH_4Cl ويظهر دخان أبيض:

$$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl$$

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

استقصاء علمي:

تسلّم أحد الباحثين ثلاثة محاليل مجهولة، يحتوي كل منها على أحد الأيونات الآتية، أيون الكلوريد، أيون البروميد، أيون اليوديد

خطط لاستقصاء تستخدم فيه محلول نترات الفضة للكشف عن الأيون الموجود في كل محلول.

حدد ما يأتي:

المتغير المستقل

.....

المتغير التابع

.....

الأدلة والبيانات التي ستجمعها

.....

(ب) الكشف عن أيونات الهاليدات

عند إضافة محلول نترات الفضة إلى محلول يحتوي على أيونات هاليد، قد يتكوّن راسب يختلف لونه باختلاف نوع الأيون؛ ولذلك يمكن الاستفادة من هذا التفاعل في الكشف عن أيونات الهاليدات.

ذوبانية هاليدات الفضة في الماء

جدول 3.2.1 ذوبانية هاليدات الفضة في الماء

هاليد الفضة	المشاهدة عند إضافة نترات الفضة	الذوبانية في الماء
AgF فلوريد الفضة	لا يتكوّن راسب	ذائب
AgCl كلوريد الفضة	يتكوّن راسب أبيض	لا يذوب
AgBr بروميد الفضة	يتكوّن راسب كريمي أو أصفر باهت	لا يذوب
AgI يوديد الفضة	يتكوّن راسب أصفر	لا يذوب

(جـ) الأحماض الأكسجينية للهالوجينات وأملاحها:

الأحماض التي تحتوي جزيئاتها على الأكسجين والهيدروجين وأحد الهالوجينات تسمى **الأحماض الأكسجينية للهالوجينات**.

ومن أملاح الأحماض الأكسجينية للكلور مواد تستخدم في التبييض والتطهير.

(i) تحضير مسحوق التبييض: $CaCl(OCl)\cdot H_2O$

يتكون مسحوق التبييض عند إمرار غاز الكلور على هيدروكسيد الكالسيوم:

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 \rightarrow CaCl(OCl)\cdot H_2O$$

(ii) (ميكانيكية) أساس عمليتي التبييض والتطهير:

يمتلك أيون الهيبوكلوريت (ClO^-)، وهو أحد مكونات مسحوق التبييض، قوة أكسدة شديدة للغاية. وتُستخدم هذه القوة المؤكسدة في تكسير التركيب الجزيئي للأصباغ لإزالة اللون (عملية التبييض)، وكذلك في تدمير وقتل الخلايا البكتيرية (عملية التطهير).

ملاحظة:

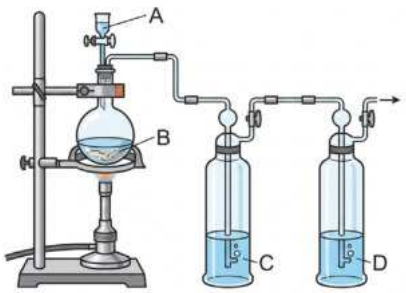
في السنوات الأخيرة، أصبح "الهيبوكلوريت عالي التركيز" (High-test hypochlorite) والذي له الصيغة الكيميائية $Ca(ClO_2).H_2O$، مادة واسعة الاستخدام في تطهير حمامات السباحة وتطبيقات أخرى، وذلك لاحتوائه على تركيز أعلى من المواد الفعالة.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

مثال:

يوضح الشكل جهازًا مستخدمًا لتحضير غاز الكلور

أجب عن الأسئلة الآتية:



(أ) اختر المواد المناسبة للأجزاء من A إلى D:

(i) حمض الكبريتيك المركز.

(ii) حمض الهيدروكلوريك المركز.

(iii) الماء.

(iv) أكسيد المنجنيز (IV)

(ب) ما المادة التي تُزال في كلٍّ من C وD؟

(i) الماء.

(ii) الأكسجين.

(iii) كلوريد الهيدروجين.

(جـ) ما الطريقة المناسبة لجمع غاز الكلور؟

(i) إزاحة الهواء لأعلي. (ii) إزاحة الهواء لأسفل. (iii) إزاحة الماء.

الشرح

(أ) يضاف حمض الهيدروكلوريك المركز إلى أكسيد المنجنيز (IV) الصلب و يُمرر الغاز الناتج أولًا في الماء لإزالة كلوريد الهيدروجين ثم يُمرر في حمض الكبريتيك المركز لإزالة بخار الماء.

يُجمع الكلور بطريقة الإزاحة السفلية للهواء؛ لأنه أكبر كثافة من الهواء، كما أنه لا يناسب جمعه بإزاحة الماء.

(ii) : A (iv) : B (iii) : C (i) : D

(ب) (iii) : C (i) : B

(جـ) نظرًا لأن الكلور قابل للذوبان في الماء وأثقل من الهواء، فإنه يتم تجميعه بالإزاحة السفلية للهواء (II)

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي هاليدات الهيدروجين الآتية يُعد محلوله المائي حمضًا ضعيفًا؟

(أ) HCl (ب) HBr. (جـ) HI (د) HF

٢. لماذا يُجمع غاز الكلور بإزاحة الهواء لأسفل؟

(أ) لأنه أقل كثافة من الهواء.

(ب) لأنه يتفاعل مع الأكسجين.

(جـ) لأنه أكبر كثافة من الهواء، ولا يمكن جمعه بإزاحة الماء.

(د) لأنه غير قابل للذوبان في الماء.

٣. اختر العبارتين غير الصحيحتين:

(أ) توجد عناصر الهالوجينات في صورة جزيئات ثنائية الذرة.

(ب) ترتيب الهالوجينات حسب قوتها كعوامل مؤكسدة هو: $I_2 > Br_2 > Cl_2 > F_2$

(جـ) حمض الهيدروفلوريك حمض قوي، وله القدرة على التفاعل مع الزجاج.

(د) الكلور غاز أصفر مخضر له رائحة نفاذة.

الكيمياء والمجتمع

يساعد فهم كيمياء الهالوجينات العلماء والمتخصصين على:

- إنتاج مياه شرب آمنة.
- تطوير مواد فعالة للتطهير.
- تصنيع بعض الأدوية.
- إجراء التحليلات الكيميائية الجنائية.
- متابعة جودة المياه في البيئة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٤. يوضح الشكل جهازًا لتحضير غاز الكلور الجاف

املأ الفراغات ( ) في النص التالي بالكلمات المناسبة، واستخدم صيغة كيميائية للإجابة عن (vi)

يتم تحضير غاز الكلور وفقا للمعادلة التالية:

$$MnO_2 + 4HCl \xrightarrow{\Delta} MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2 \uparrow$$

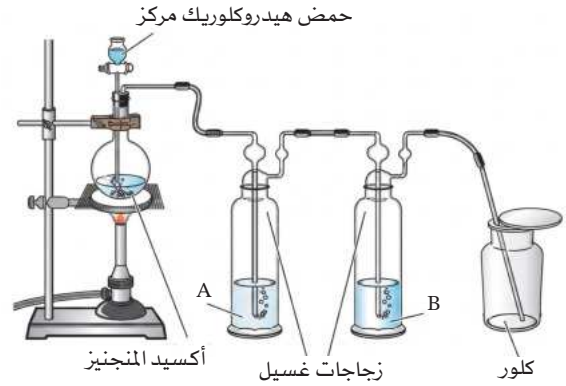
بعد ذلك، يمرر (i) في زجاجة الغسيل A لامتصاص (ii) من الغاز.

ويمرر (iii) في زجاجة الغسيل B لامتصاص (iv) من الغاز.

وبذلك يتم الحصول على غاز كلور جاف.

– يمتلك الكلور قوة أكسدة شديدة، وعند إمرار الكلور في محلول مائي من يوديد البوتاسيوم، يتحرر (v) في المحلول المائي. ويُعبر عن ذلك بمعادلة التفاعل التالية:

$$2KI + Cl_2 \rightarrow 2KCl + vi$$



؟! قيّم الأدلة:

نشرت إحدى الصحف العبارة الآتية:

«لأن الكلور يقضي على البكتيريا، فإن زيادة تركيزه تجعل الماء أكثر أمانًا في جميع الأحوال.»

قيّم هذه العبارة:

١. هل الادعاء صحيح علميًا بصورة مطلقة؟

.....

٢. ما الأدلة التي ينبغي فحصها وأخذها في الاعتبار؟

.....

٣. هل يمكن أن يؤدي ارتفاع تركيز الكلور إلى أضرار صحية أو بيئية؟

.....

استخدم الاستدلال العلمي لتبرير إجابتك.

.....

تدرب:

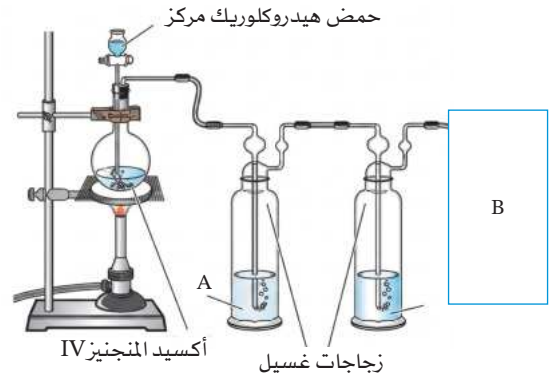
١. اختر جميع هاليدات الهيدروجين التي تكوّن أحماضًا قوية في الماء.

(أ) HF (ب) HCl (جـ) HBr (د) HI

٢. أي المواد الآتية يتفاعل محلولها المائي مع الزجاج؟

(أ) HF (ب) HCl (جـ) HBr (د) HI

٣. يوضح الشكل جهازًا لتحضير غاز الكلور الجاف باستخدام حمض الهيدروكلوريك المركز وأكسيد المنجنيز (IV)



أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتحضير غاز الكلور.

(ب) اكتب اسم المادة الموضوعة في زجاجة الغسل A، واسم المادة التي تزيلها.

(جـ) حدّد طريقة جمع غاز الكلور عند الجزء B.

(د) صف لون غاز الكلور ورائحته.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٣-٣ — الأكسجين والكبريت ومركباتهما

مقدمة

تتنفس الأكسجين باستمرار ليبقى الجسم قادرًا على أداء وظائفه الحيوية، كما يُستخدم الأكسجين في كثير من العمليات الصناعية. أما مركبات الكبريت، فتدخل في صناعة بطاريات السيارات والأسمدة والورق وبعض المواد الدوائية، وترتبط كذلك ببعض المشكلات البيئية، مثل الأمطار الحمضية.

وعلى الرغم من أهمية الأكسجين والكبريت ومركباتهما، فإن اختلاف تركيبها الجزيئي وخواصها الكيميائية يؤدي إلى اختلاف كبير في سلوكها واستخداماتها.

فلماذا يساعد الأكسجين على الاحتراق، بينما يُستخدم الأوزون في تطهير مياه الشرب؟ ولماذا ينزع حمض الكبريتيك المركز الماء من بعض المواد، بينما يتصرف حمض الكبريتيك المخفف بوصفه حمضًا قويًا؟

سوف تستكشف في هذا الدرس كيف يؤدي اختلاف التركيب الجزيئي والتركيز إلى اختلاف الخواص الكيميائية والتطبيقات العملية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يحدد تركيب مركبات الأكسجين والكبريت خواصها الكيميائية واستخداماتها في الحياة؟

الاستكشاف

تأمل المواقف الآتية:

- تتنفس الأكسجين للبقاء على قيد الحياة.
- تستمر الشمعة في الاحتراق عند توافر الأكسجين.
- تُعالج بعض مياه الشرب بالأوزون قبل وصولها إلى المستهلك.

ناقش قبل دراسة الدرس:

الملاحظات: ما العنصر المشترك بين المواقف الثلاثة؟ .....

الاستنتاج: هل تتوقع أن يتشابه الأكسجين (O_2) والأوزون (O_3) في جميع خواصهما؟ ولماذا؟ .....

الاستقصاء: لماذا يصلح الأكسجين للتنفس، بينما يُستخدم الأوزون في تطهير المياه بتراكيز محددة؟

.....

تعلم

١. الأكسجين (O_2)

(أ) خواص الأكسجين:

- غاز عديم اللون والرائحة.
- قليل الذوبان في الماء. ◻ يجمع بإزاحة الماء لأسفل.

(ب) تحضير الأكسجين:

يُحضّر غاز الأكسجين في المعمل من تحلل فوق أكسيد الهيدروجين، باستخدام أكسيد المنجنيز (IV) عاملًا حفازًا:

$$2H_2O_2 \xrightarrow{-MnO_2-} 2H_2O + O_2 \uparrow$$

يسرّع أكسيد المنجنيز (IV) التفاعل دون أن يُستهلك فيه.

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- الأكسجين والأوزون صورتان مثل تآصل للعنصر نفسه، لكنهما يختلفان في تركيبهما الجزيئي.
- الأوزون عامل مؤكسد أقوى من الأكسجين.
- تختلف بعض خواص حمض الكبريتيك باختلاف تركيزه.
- يفسر التركيب الجزيئي اختلاف الخواص والتطبيقات.

المفاهيم الأساسية:

- التآصل
- العامل الحفاز
- الأكسدة
- الاختزال
- حمض الكبريتيك
- نزع الماء
- العامل المؤكسد
- مادة ماصة للرطوبة

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(جـ) **الأوزون (O_3)**: الأوزون صورة تآصلية من الأكسجين؛ إذ يتكون العنصر نفسه في الصورتين، لكن عدد الذرات في الجزيء وترتيبها يختلفان.

(i) **خواص الأوزون**

- غاز سام أزرق باهت.
- له رائحة مميزة نفاذة.
- عامل مؤكسد قوي.
- يُستخدم بتراكيز مضبوطة في تطهير مياه الشرب.
- يُستخدم في تبييض بعض الأقمشة والمواد.

(ii) **تحضير الأوزون**

يتكون الأوزون عند تعريض غاز الأكسجين للتفريغ الكهربائي الصامت:

$$3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$$

كما يمكن أن يتكون عند تعرض الأكسجين للأشعة فوق البنفسجية.

فكّر كعالم:

يتكون الأكسجين والأوزون من العنصر نفسه، لكن الأكسجين ضروري للتنفس، في حين قد يؤدي التعرض لتركيزات مرتفعة من الأوزون إلى الإضرار بأنسجة الجهاز التنفسي.

فسّر:

١. لماذا تختلف خواص المادتين؟ .....

٢. ما الدليل الذي يدعم تفسيرك؟ .....

التصورات الخطأ:

مفهوم خاطئ:

✗ تتشابه خواص الأكسجين والأوزون لأن كليهما يتكون من ذرات الأكسجين.

التصحيح:

✓ الأكسجين والأوزون صورتان متأصلتان للعنصر نفسه، لكنهما يختلفان في التركيب الجزيئي؛ ولذلك تختلف خواصهما الفيزيائية والكيميائية.

٢. الكبريت ومركباته:

(أ) **كبريتيد الهيدروجين (H_2S)**:

- يُحضّر غاز كبريتيد الهيدروجين بإضافة حمض الكبريتيك المخفف أو حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى كبريتيد الحديد (II):
- يعمل كبريتيد الهيدروجين عامل مختزل قوي:

(ب) **ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)**:

- يمكن الحصول عليه من حرق الكبريت.
- يعمل كعامل مختزل، ولكنه عامل مؤكسد عند تفاعله مع عامل مختزل قوي مثل كبريتيد الهيدروجين.

استدلال قائم على الأدلة:

عندما وضع طالب قطرات من حمض الكبريتيك المركز على قطعة من الورق، تحولت الورقة إلى اللون الأسود بعد عدة دقائق.

الفرض: نزع حمض الكبريتيك المركز الماء من مكونات الورق.

الدليل: .....

التفسير العلمي: .....

(جـ) **حمض الكبريتيك (H_2SO_4) المركز والمخفف:**

(i) **صناعة حمض الكبريتيك**

يُصنّع حمض الكبريتيك على نطاق واسع باستخدام طريقة التلامس.

١. يُحرق الكبريت في الأكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكبريت SO_2:

٢. يُؤكسد ثاني أكسيد الكبريت SO_2 إلى ثالث أكسيد الكبريت SO_3، باستخدام أكسيد الفاناديوم عاملًا حفازًا (V_2O_5) إلى ثالث أكسيد الكبريت.

٣. يتم إذابة ثالث أكسيد الكبريت في حمض كبريتيك مركز حيث يذوب في الماء الموجود به .....

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$
$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$$
$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ii) **خواص حمض الكبريتيك المركز:**

- **حمض غير متطاير:** يمكن لحمض الكبريتيك المركز أن يحل محل حمض متطاير من أحد أملاحه.

مثال: $NaCl + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HCl\uparrow$

ملح حمض غير متطاير — حمض غير متطاير — ملح حمض متطاير

- **مادة شديدة الاسترطاب:** يمتص حمض الكبريتيك المركز بخار الماء؛ ولذلك يُستخدم في تجفيف بعض الغازات التي لا تتفاعل معه.
- **عامل نازع للماء:** ينزع حمض الكبريتيك المركز عنصري الهيدروجين والأكسجين من بعض المركبات العضوية بنسبة وجودهما في الماء.

مثال: ينتزع الماء من حمض $HCOOH_2$ الفورميك عند التسخين، فيتكون أول أكسيد الكربون (CO)

- **حمض الكبريتيك المركز الساخن عامل مؤكسد قوي:** يتفاعل حمض الكبريتيك المركز الساخن مع بعض الفلزات، مثل النحاس والفضة.

مثال: $Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$

(iii) **خواص حمض الكبريتيك المخفف:**

- **حمض قوي.**
- يتفاعل مع الفلزات التي تسبق الهيدروجين في سلسلة النشاط الكيميائي، مثل الزنك والحديد، مطلقًا غاز الهيدروجين.

مثال: $Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow$

مثال:

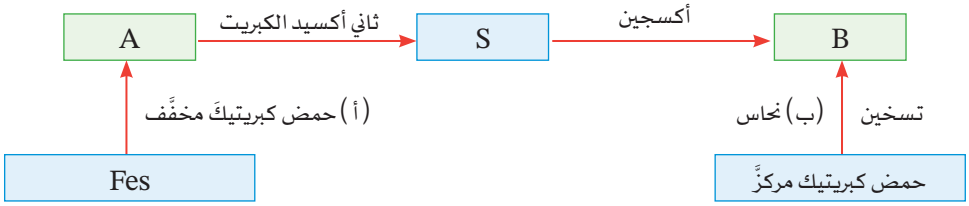
أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) أجب عن الأسئلة الآتية المتعلقة بتحضير الأكسجين:

(i) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتحلل فوق أكسيد الهيدروجين باستخدام أكسيد المنجنيز (IV) عاملًا حفازًا.

(ii) حدّد أنسب طريقة لجمع غاز الأكسجين.

(ب) يوضح المخطط التالي عددًا من التحولات المتعلقة بالكبريت ومركباته.



أجب عن الأسئلة الآتية:

١. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل النحاس مع حمض الكبريتيك المركز الساخن في الخطوة (ب)

٢. حدّد الخاصية المستخدمة من خواص حمض الكبريتيك في كل تحول من (أ) و (ب)

(أ) عدم التطاير. (ب) نزع الماء.

(جـ) الحامضة القوية. (د) القدرة التأكسدية.

٣. عند تحول (1.0 kg) من الكبريت تماما إلى حمض كبريتيك تركيزه (98%)، أحسب كتلة حمض الكبريتيك الناتج. (إجابتك لأقرب رقمين عشريين) (H=1.0, O=16, S=32)

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الشرح

$$2H_2O_2 \xrightarrow{MnO2} 2H_2O + O_2 \text{ (i) (أ)}$$

(ii) الأكسجين شحيح الذوبان في الماء. حيث تُجمع الغازات قليلة الذوبان في الماء بواسطة طريقة ازاحة الماء لاعلى.

الأجابة: يجمع أعلى الماء.

(ب) (i) أولًا، تتكون المادة B من تفاعل الكبريت مع الأكسجين، ولذلك لا بد أن يُكون ثاني أكسيد الكبريت، لذلك، فإن التغير في (B) هو التفاعل الذي يتفاعل فيه حمض الكبريتيك (H_2SO_4) مع النحاس لانتاج ثاني أكسيد الكبريت (SO_2).

والمعادلة الكيميائية هي $Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$

(ii) عند إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى كبريتيد الحديد الثنائي (FeS)، يتولد غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) هذا تفاعل يتحرر فيه الحمض الضعيف H_2S نتيجة تفاعل الحمض القوي (H_2SO_4) مع ملح الحمض الضعيف(FeS).

لذلك الاجابة هي (C)

(iii) توضح المعادلات التفاعلات اللازمة لإنتاج حمض الكبريتيك من الكبريت هي كما يلي:

$$S + O_2 \rightarrow SO_2$$

$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$$

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

عدد مولات الكبريت في $\frac{1000}{32}$ mol (g 32)، ولذلك فإن عدد مولات الحمض الناتج هو $\frac{1000}{32}$ mol

لنفترض أن كتلة حمض الكبريتيك المركز بنسبة 98% H_2SO_4 تساوي x [g]، وبما أن الكتلة المولية لـ H_2SO_4 تساوي 98g:

$$\frac{1000}{32}\text{ mol} = \frac{x\text{ [g]} \times 0.98}{98\text{ g/mol}}$$

$$x = 3.12 \times 10^3 \approx 3.1 \times 10^3 \text{g}$$

نشاط تفسير البيانات التجريبية:

المادة	الملاحظة
الأكسجين	يساعد على الاحتراق
الأوزون	يزيل ألوان بعض الأصباغ
حمض الكبريتيك المركز	يحول السكر إلى مادة سوداء
حمض الكبريتيك المخفف	يطلق الهيدروجين عند تفاعله مع الزنك

فكّر كعالم كيمياء

١. أي المواد تعمل أساسًا عاملًا نازعًا للماء؟ .....

٢. أي المواد الواردة في الجدول تعمل كعامل مؤكسد قوي؟ .....

٣. ما الملاحظات التي تدعم إجابتك؟ .....

٤. ما الخاصية الكيميائية التي تفسر كل ملاحظة وكل استخدام؟ .....

الكيمياء من أجل الاستدامة

تعتمد تقنيات كثيرة تسهم في تحسين حياة الإنسان على كيمياء الأكسجين والكبريت، ومنها:

- الأسمدة التي تساعد على زيادة إنتاج المحاصيل.
- البطاريات المستخدمة في تخزين الطاقة.
- تقنيات إزالة ثاني أكسيد الكبريت من انبعاثات المصانع.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

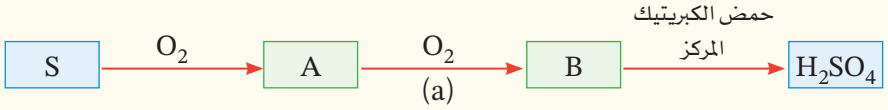
حاول بنفسك:

١. حدد المصطلحين المناسبين لـ (i) و(ii) في المقطع التالي:

عندما يتعرض الأكسجين لتفريغ كهربي ، يتولد (i). ولتوليد (i)، هناك طريقة أخرى تتمثل في تعريض الأكسجين لـ (ii). ويتميز (i) بآثار التبييض والتعقيم.

.....

٢. يمثل المخطط مراحل تحويل الكبريت إلى حمض الكبريتيك:



(i) اكتب الصيغة الكيميائية لكل من A وB

.....

(ii) اكتب اسم العامل الحفاز المستخدم في أكسدة A إلى B

.....

(iii) اذكر اسم العملية الصناعية المستخدمة في تصنيع حمض الكبريتيك.

.....

(iv) احسب كتلة محلول حمض الكبريتيك تركيزه (98%) التي يمكن إنتاجها من (9.6 kg) من الكبريت ، بافتراض التحول التام. (إجابتك لأقرب رقمين عشريين)

.....

٣. صل كل تفاعل بالخاصية التي يوضحها:

(أ) تصاعد الهيدروجين عند إضافة الزنك إلى الحمض المخفف.
(ب) تصاعد كلوريد الهيدروجين عند تسخين كلوريد الصوديوم مع الحمض المركز.
(جـ) تجفيف ثاني أكسيد الكربون الرطب بتمريره في الحمض المركز.
(د) تصاعد أول أكسيد الكربون عند تسخين حمض الفورميك مع الحمض المركز.

(أ) عدم التطاير. (ب) قوة التأكسد. (جـ) نزع الماء. (د) الحامضية القوية.
(هـ) مادة ماصة للرطوبة.

فكر بشكل نقدي:

تفرض إحدى الشركات: أنه «يجب أن يحل الأوزون محل الكلور تمامًا في جميع نظم معالجة المياه؛ لأنه عامل مؤكسد أقوى.»

قيّم هذا الفرض:

١. ما الأدلة العلمية التي يمكن أن تدعمه؟

.....

٢. ما القيود العملية والاقتصادية والصحية التي يجب مراعاتها؟

.....

٣. هل يكون الأوزون دائمًا الخيار الأفضل؟

.....

ادعم إجابتك بالأدلة:

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. لماذا يُعد الأوزون أكثر فاعلية من الأكسجين في التطهير؟

(أ) لأن كتلته الجزيئية أقل.

(ب) لأنه عامل مؤكسد أقوى.

(جـ) لأنه أقل نشاطًا كيميائيًّا.

(د) لأنه لا يتفاعل مع المواد الأخرى.

٢. أي من خواص حمض الكبريتيك المركز تمكّنه من تجفيف بعض الغازات؟

(أ) الحموضة القوية.

(ب) ماص للرطوبة.

(جـ) عدم التطاير.

(د) قوة تأكسده ضعيفة.

3. أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اكتب المعادلة الموزونة لتحلل فوق أكسيد الهيدروجين باستخدام أكسيد المنجنيز(IV).

(ب) حدّد دور أكسيد المنجنيز(IV) في التفاعل.

(جـ) اذكر أنسب طريقة لجمع الأكسجين.

(د) ما المادة الناتجة عند تعريض الأكسجين لتفريغ كهربي؟

الإجابة: .....

٤. أقرأ القطعة التالية ثم أجب عن الأسئلة التي تليها:

يحضر حمض الكبريتيك المركز صناعيا عن طريق أكسدة الكبريت مكونًا ثاني أكسيد الكبريت، الذي يُؤكسد في وجود كمية قليلة من أكسيد الفاناديوم (V)، ثم يتفاعل الناتج ( ) مع الماء

(أ) حدد المادة ما بين الأقواس ( ).

(ب) اذكر اسم العملية الصناعية التي تحتها خط.

(جـ) احسب كتلة محلول حمض الكبريتيك تركيزه 98٪ (التي يمكن إنتاجها من (4.8 kg) من الكبريت ، بافتراض التحول التام. (إجابتك لأقرب رقمين عشريين).

(H = 1.0, O = 16, S = 32)

٥. صل كل تفاعل بالخاصية التي يوضحها:

(أ) تسخين كلوريد الصوديوم مع حمض الكبريتيك المركز وتصاعد كلوريد الهيدروجين.

(ب) إضافة حمض الكبريتيك المركز إلى السكروز وتحوله إلى مادة سوداء.

(جـ) إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى الزنك وتصاعد الهيدروجين.

(د) تسخين النحاس مع حمض الكبريتيك المركز وتصاعد ثاني أكسيد الكبريت.

(أ) عدم التطاير. (ب) قوة التأكسد. (جـ) نزع الماء. (د) الحامضية القوية.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٣-٤ — النيتروجين والفوسفور ومركباتهما

مقدمة

يعتمد مليارات البشر على محاصيل زُرعت باستخدام أسمدة تحتوي على النيتروجين والفوسفور. ومن دون هذه المركبات، قد لا تنمو كثير من النباتات بالمعدل الكافي لتوفير الغذاء لسكان العالم.

ووراء كل عبوة من الأسمدة إنجاز كيميائي مهم؛ فقد تمكّن العلماء من تحويل غاز النيتروجين الموجود في الهواء إلى مركبات يمكن للنبات الاستفادة منها.

سوف تكتشف في هذا الدرس كيف يحوّل الكيميائيون نيتروجين الهواء إلى أمونيا وحمض نيتريك، ولماذا يُعد الفوسفور ضروريًا لنمو النبات، وكيف أسهمت هذه الصناعات في تطوير الزراعة والمجتمع.

؟ سؤال توجيهي: كيف يحوّل الكيميائيون الموارد الطبيعية الوفيرة إلى مركبات تدعم الحياة والزراعة والصناعة؟

الاستكشاف

يضيف أحد المزارعين الأسمدة إلى التربة، فتزداد خضرة النباتات ويتحسن نموها.

ومع أن النيتروجين يمثل نحو (78%) من حجم الهواء الجوي، فإن معظم النباتات لا تستطيع الاستفادة منه مباشرة في صورته الجزيئية.

ناقش الأسئلة الآتية قبل دراسة الدرس:

١. ما العلاقة التي تلاحظها بين النيتروجين ونمو النبات؟ .....

٢. لماذا يحتاج المزارعون إلى الأسمدة النيتروجينية على الرغم من وفرة النيتروجين في الغلاف الجوي؟

.....

٣. كيف يمكن تحويل غاز النيتروجين إلى صورة يستطيع النبات الاستفادة منها؟

.....

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- يوجد غاز النيتروجين بوفرة في الغلاف الجوي، لكنه قليل النشاط الكيميائي في الظروف المعتادة.
- تُعد الأمونيا مادة أولية لإنتاج كثير من الأسمدة والمركبات النيتروجينية.
- يمكن استخدام الأمونيا في صناعة حمض النيتريك.
- توجد للفوسفور صور تآصلية تختلف في خواصها الفيزيائية والكيميائية.

المفاهيم الأساسية:

- تثبيت النيتروجين – العامل الحفاز – عملية هابر–بوش – عملية أستفالد – الأمونيا – حمض النيتريك – الأسمدة – التآصل – التطهير

تعلم

١. النيتروجين (N_2):

(أ) **مركبات النيتروجين:**

(i) الأمونيا (غاز النشادر) NH_3:

- غاز عديم اللون، له رائحة نفاذة أقل كثافة من الهواء، شديد الذوبان في الماء.
- يكون محلولًا قاعديًا عند ذوبانه في الماء.

(ii) حمض النيتريك HNO_3:

- حمض النيتريك المركز والمخفف كلاهما عامل مؤكسد قوي ويذيب بعض الفلزات مثل النحاس والفضة.
- لأنه يتحلل جزئيًا عند تعرضه للضوء أو الحرارة؛ لذلك يُحفظ في زجاجات داكنة اللون، في مكان بارد بعيدًا عن الضوء.

(iii) أكسيد النيتريك (أول أكسيد النيتروجين) NO:

ينتج من تفاعل حمض النيتريك المخفف مع فلز النحاس

$$3Cu + 8HNO_{3(dil.)} \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$$

(iv) ثاني أكسيد النيتروجين NO_2:

ينتج من تفاعل حمض النيتريك المركز مع فلز النحاس

$$Cu + 4HNO_{3(conc.)} \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$$

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ب) الطرق الصناعية لتحضير مركبات النيتروجين:

(i) عملية هابر–بوش: طريقة لتصنيع الأمونيا (النشادر):

تُنتَج من النيتروجين والهيدروجين **باستخدام (أكسيد الحديد (II,III)** رابع أكسيد ثلاثي الحديد Fe_3O_4) وغيرها كعامل حفاز.

$$N_2 + 3H_2 \xrightleftharpoons{Fe_3O_4} 2NH_3$$

(ii) عملية أستفالد: طريقة لتصنيع حمض النيتريك:

❶ أكسدة الأمونيا **باستخدام البلاتين Pt** وغيرها كعامل حفاز لإنتاج أكسيد النيتريك.

$$4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow{Pt} 4NO + 6H_2O$$

❷ أكسدة أكسيد النيتريك لتكوين ثاني أكسيد النيتروجين.

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

❸ امتصاص ثاني أكسيد النيتروجين في الماء الدافئ لتكوين حمض النيتريك.

$$3NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 + NO$$

التعبير عن التفاعل الكلي من ❶ إلى ❸ بمعادلة كيميائية

$$NH_3 + 2O_2 \rightarrow HNO_3 + H_2O$$

فكّر كمهندس:

أراد العلماء إنتاج الأمونيا بكميات كبيرة وبكفاءة اقتصادية، فلم يكتفوا بخلط النيتروجين بالهيدروجين، بل صمموا ظروفًا صناعية تحقق توازنًا بين سرعة التفاعل وكمية الأمونيا الناتجة.

١. لماذا يُستخدم الضغط المرتفع ودرجة الحرارة المناسبة والعامل الحفاز معًا في عملية هابر–بوش؟

.....

٢. كيف يمكن أن يؤثر تغيير أحد هذه العوامل في معدل إنتاج الأمونيا ومردود التفاعل؟

.....

٢. الفوسفور ومركباته:

(أ) الصور التآصلية للفوسفور:

للفوسفور عدة صور تآصلية، من أشهرها الفوسفور الأبيض والفوسفور الأحمر.

(i) الفوسفور الأبيض:

- مادة صلبة شمعية، لونها أصفر باهت، شديدة السمية.
- نظرا لأنه يشتعل تلقائيًا عند تعرضه للهواء في درجة حرارة مناسبة. تُحفظ مغمورة في الماء.

(ب) مركبات الفوسفور:

(i) عاشر أكسيد رباعي الفوسفور (P_4O_{10}) :

- مسحوق **أبيض** يُنتج عن طريق حرق الفوسفور الأبيض أو الأحمر.
- **متميع** بدرجة كبيرة (يمتص الرطوبة من الهواء ويذوب).

(ii) حمض الفوسفوريك (H_3PO_4):

- بلورات عديمة اللون تُنتج عن طريق إذابة عاشر أكسيد رباعي الفوسفور في الماء مع التسخين.
- تُستخدم أملاحه في الأسمدة.

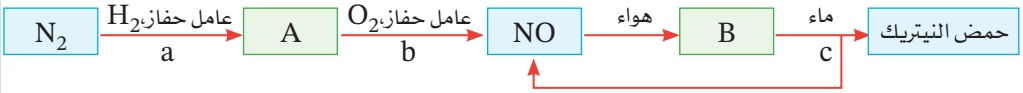
D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

مثال:

يوضح الشكل جهازًا مستخدمًا لتحضير غاز الكلور

أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) يوضح المخطط مراحل صناعة حمض النيتريك:



(i) أكتب الصيغة الكيميائية لكل من A وB.

(ii) اكتب اسم العامل الحفاز المستخدم في كل من الخطوتين a وb.

(iii) اكتب المعادلتين الكيميائيتين الموزونتين للمرحلتين b وc.

(ب) أي العبارات الآتية عن الفوسفور غير صحيحة؟

(i) ينتمي الفوسفور والنيتروجين إلى المجموعة نفسها.

(ii) أكسيد الفوسفور(V) مادة صلبة بيضاء في درجة حرارة الغرفة.

(iii) يحترق الفوسفور في الهواء مكوّنًا أكسيد الفوسفور(V).

(iv) يشتعل الفوسفور الأحمر تلقائيًا في الهواء في الظروف المعتادة.

الشرح

(أ) (i) A: عندما يتفاعل النيتروجين والهيدروجين، تُنتج الأمونيا NH_3

$$N_2 + 3H_2 \overset{Fe_3O_4}{\rightleftharpoons} 2NH_3$$

B : يتأكسد أكسيد النيتريك بسرعة في الهواء ليصبح ثاني أكسيد النيتروجين NO_2

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$$

(ii) a: أكسيد الحديد (II,III) ، b : بلاتين

(iii) b: معادلة أكسدة الأمونيا: $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$

C : معادلة امتصاص ثاني أكسيد النيتروجين: $3NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 + NO$

(ب) العبارة غير الصحيحة في السؤال الثاني هي (د)؛ لأن الفوسفور الأبيض هو الذي قد يشتعل تلقائيًا في الهواء، أما الفوسفور الأحمر فأكثر استقرارًا.

نشاط: تحليل الإنتاج الصناعي:

ادرس الجدول:

المركب	الاستخدام الرئيس
الأمونيا (NH_3)	صناعة الأسمدة.
حمض النيتريك (HNO_3)	الأسمدة والمتفجرات.
حمض الفوسفوريك (H_3PO_4)	صناعة الأسمدة الفوسفاتية.
أكسيد الفوسفور (V) (P_4O_{10})	عامل نازع للماء ومجفف قوي.

فكّر كعالم كيمياء

١. أي المركبات يُنتج مباشرة من غاز النيتروجين؟ .....

٢. أي المركبات يُنتج صناعيًا من الأمونيا؟ .....

٣. أي المركبات يسهم مباشرة في مجال الزراعة؟ .....

٤. لماذا تُعد العوامل الحفازة ضرورية في هذه العمليات الصناعية؟ .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. لماذا تُعد الأمونيا من أهم المواد الكيميائية الصناعية؟

(أ) لأنها المصدر الرئيس للنيتروجين في صناعة كثير من الأسمدة.

(ب) لأنها أقوى الأحماض.

(جـ) لأنها تتفاعل مع جميع الفلزات.

(د) لأنها المكوّن الرئيس للهواء.

٢. ما العامل الحفاز المستخدم في عملية هابر-بوش؟

(أ) البلاتين.

(ب) أكسيد الحديد (III,II) Fe_3O_4.

(جـ) أكسيد المنجنيز (IV).

(د) أكسيد الفاناديوم (V).

٣. أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لإنتاج الأمونيا صناعيًّا.

(ب) اكتب المعادلات الموزونة للمراحل الثلاث لإنتاج حمض النيتريك من الأمونيا.

(جـ) اذكر العامل الحفاز المستخدم في المرحلة التي تحتاج إلى حفاز.

(د) اكتب المعادلة الكلية الموزونة لعملية إنتاج حمض النيتريك في (ب)

(هـ) اذكر اسم العملية الصناعية المستخدمة في إنتاج الأمونيا في (أ)

(و) اذكر اسم العملية الصناعية المستخدمة في إنتاج حمض النيتريك (ب)

٤. حدّد صحة العبارات الآتية:

(أ) يشتعل الفوسفور الأبيض تلقائيًّا عند تعرضه للهواء في الظروف المناسبة.

(ب) أكسيد الفوسفور (V) مركب أيوني شديد الاسترطاب.

(جـ) ينتج أكسيد الفوسفور (V) عند احتراق الفوسفور الأحمر في كمية كافية من الأكسجين.

(د) العبارة الثانية غير صحيحة لأن (P_4O_{10}) مركب تساهمي جزيئي، وليس بلورة أيونية.

التفكير النقدي:

تريد إحدى الدول زيادة إنتاج الغذاء باستخدام كميات أكبر كثيرًا من الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية. ويحذر أحد العلماء من أن الإفراط في استخدامها قد يضر بالأنهار والبحيرات القريبة.

قيّم الموقف:

١. ما الفوائد المتوقعة من زيادة استخدام الأسمدة؟

.....

٢. ما المشكلات البيئية التي يمكن أن تنتج؟

.....

٣. كيف يمكن توظيف الكيمياء لتحقيق التوازن بين إنتاج الغذاء والاستدامة البيئية؟

.....

كن مواطنًا عالميًا

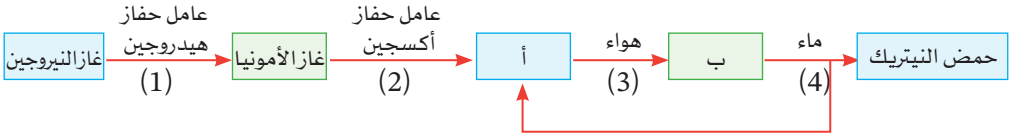
تساعد مركبات النيتروجين والفوسفور على زيادة إنتاج المحاصيل، لكن الإستخدام المفرط للأسمدة قد يؤدي إلى وصول كميات كبيرة من النترات والفوسفات إلى الأنهار والبحيرات.

وقد يسبب زيادة تركيز المغذيات الكيميائية؛ إلى نمو الطحالب بسرعة، ثم ينخفض تركيز الأكسجين الذائب عند تحللها، مما يهدد حياة الكائنات المائية لذلك يرتبط الأمن الغذائي بالاستخدام الرشيد للأسمدة، وتحليل التربة، وتحديد احتياجات المحاصيل بدقة، ومنع تسرب المغذيات إلى مصادر المياه

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

١. يوضح المخطط خطوات إنتاج الأمونيا وحمض النيتريك:



(أ) اكتب اسم العامل الحفاز وصيغته أو تركيبه المستخدم في كل من المرحلتين (1) و(2).

(ب) اكتب الصيغة الكيميائية لكل من A وB .

(جـ) اكتب المعادلات الكيميائية الموزونة للمراحل الأربع .

(د) اكتب اسم العملية الصناعية للمرحلة (1)، واسم العملية الصناعية للمراحل (2) و (4)

٢. اختر العبارتين الصحيحتين:

(أ) الفوسفور الأبيض شديد السمية وقد يشتعل تلقائيًا؛ لذلك يُحفظ مغمورًا في الماء.

(ب) ينتج الفوسفور الأبيض عند احتراق الفوسفور الأحمر.

(جـ) أكسيد الفوسفور (V) بلورة أيونية شديدة الاسترطاب.

(د) تُستخدم بعض أملاح حمض الفوسفوريك في صناعة الأسمدة.

تحدَّ تفكيرك:

«من دون عملية هابر-بوش، قد يتعذر إنتاج نسبة كبيرة من الغذاء الذي يعتمد عليه سكان العالم».

قيّم العبارة:

١. ما الأدلة العلمية التي تدعمها؟

.....

٢. ما التحديات البيئية والاقتصادية الناتجة عن الاعتماد الكبير على الأسمدة الصناعية؟

.....

٣. كيف يمكن أن تجعل التقنيات الكيميائية المستقبلية إنتاج الأسمدة أكثر استدامة؟

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣-٥ — الكربون والسيليكون ومركباتهما

مقدمة

تؤثر مركبات الكربون في حياتنا اليومية بطرائق قد لا ننتبه إليها. فثاني أكسيد الكربون ضروري لعملية البناء الضوئي، كما يوجد في المشروبات الغازية. أما أول أكسيد الكربون، فهو غاز سام لا لون له ولا رائحة، وقد ينتج عن استخدام مدفأة غير سليمة أو احتراق الوقود في مكان سيئ التهوية.

وفي الوقت نفسه، تدخل مركبات السيليكون في صناعة الهواتف الذكية، وشرائح الحاسوب، والزجاج، ومواد البناء، وكذلك العبوات الصغيرة المكتوب عليها «غير صالح للأكل» والموجودة داخل بعض صناديق الأحذية والأجهزة الإلكترونية.

وعلى الرغم من وقوع الكربون والسيليكون في المجموعة نفسها من الجدول الدوري، فإن مركباتهما تختلف في خواصها واستخداماتها. ويساعد فهم هذه الاختلافات العلماء على تصميم مواد أكثر أمانًا، وحماية صحة الإنسان، وتطوير التقنيات الحديثة.

؟ سؤال توجيهي: كيف تحدد خواص مركبات الكربون والسيليكون استخداماتها في الحياة اليومية وتأثيراتها في صحة الإنسان والبيئة؟

الاستكشاف

تأمل المواقف الآتية:

- تفتح أسرة النوافذ عند استخدام مدفأة تعمل بالغاز.
- ينمو النبات مستفيدًا من ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء.
- توضع عبوات صغيرة من السيليكا جل داخل صناديق بعض المنتجات للمحافظة عليها جافة.

أجب قبل دراسة الدرس:

الملاحظة: ما العلاقة التي تجمع بين هذه المواقف؟

.....

الاستنتاج: لماذا يكون أحد مركبات الكربون ضروريًّا للحياة، بينما يكون مركب آخر شديد السمية؟

.....

التنبؤ: لماذا يضع المصنعون عبوات السيليكا جل داخل أغلفة كثير من المنتجات؟

.....

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- أول أكسيد الكربون غاز شديد السمية.
- ثاني أكسيد الكربون ضروري للبناء الضوئي ودورة الكربون.
- السيليكون من أكثر العناصر انتشارًا في القشرة الأرضية.

المفاهيم الأساسية:

- الاحتراق غير الكامل
- العامل المختزل
- أول أكسيد الكربون
- ثاني أكسيد الكربون
- السيليكا جل
- أشباه الموصلات
- الامتزاز
- التجفيف.

تعلم

١. الكربون (C):

(أ) الصور التآصلية للكربون

يوجد الكربون في عدة صور تآصلية، من أشهرها:

- الماس.
- الجرافيت.
- الفوليرينات.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ب) مركبات الكربون:

(i) أول أكسيد الكربون (CO):

- **غاز** عديم اللون والرائحة.
- شديد **السمية**.
- **شحيح** الذوبان في الماء.
- يشتعل في الهواء بلهب أزرق باهت، مكوّنًا ثاني أكسيد الكربون:
- يعمل عاملًا مختزلًا عند درجات الحرارة المرتفعة؛ إذ ينتزع الأكسجين من أكاسيد بعض الفلزات، ويتحول إلى ثاني أكسيد الكربون.

مثال: $Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$

- يمكن تحضيره في المعمل بنزع الماء من **حمض الفورميك**، باستخدام حمض الكبريتيك المركز:

$$HCOOH \xrightarrow{(H_2SO_4(conc.)\ ,\ \Delta)} CO\uparrow + H_2O$$

(ii) ثاني أكسيد الكربون (CO_2):

- غاز عديم اللون والرائحة.
- **يذوب بدرجة محدودة في الماء**، يكون محلولًا ضعيف الحموضة؛ نتيجة تكوّن حمض الكربونيك
- يُحضّر ثاني أكسيد الكربون بإضافة **حمض الهيدروكلوريك** المخفف إلى كربونات الكالسيوم، وهي المكوّن الرئيس للحجر الجيري:

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$

- عند تمرير غاز ثاني أكسيد الكربون في ماء الجير الرائق (هيدروكسيد الكالسيوم)، **يتكون راسب أبيض من كربونات الكالسيوم**، فيتعكر ماء الجير.
- ثاني أكسيد الكربون الصلب يسمي **الثلج الجاف**.

فكر بشكل نقدي:

ركّبت أسرة جهازًا للكشف عن أول أكسيد الكربون في منزلها، لكنها ترى أنه لا حاجة إلى فتح النوافذ عند استخدام مدفأة تعمل بالفحم داخل المنزل.

قيّم الموقف:

١. هل تفكير الأسرة صحيح علميًّا؟ .....

٢. لماذا يمكن أن يتراكم أول أكسيد الكربون داخل المنزل؟ .....

٣. ما الأدلة التي تدعم ضرورة الجمع بين التهوية الجيدة واستخدام جهاز الكشف؟

.....

٢. السيليكون ومركباته:

(أ) السيليكون (Si):

- مادة صلبة ذات بناء تساهمي شبكي يشبه بناء الماس.
- لا يوجد حرًّا في الطبيعة.
- يُحضّر باختزال ثاني أكسيد السيليكون بالكربون في فرن كهربائي:

$$SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2CO\uparrow$$

- يُعد من أشباه الموصلات .....

كون موصليته الكهربائية متوسطة بين «الموصلات» مثل الفلزات و«العوازل» مثل المطاط.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ب) مركبات السيليكون:

(i) ثاني أكسيد السيليكون (SiO_2)

- يوجد في الطبيعة في صور متعددة، مثل الكوارتز والبلور الصخري والرمال.
- عازل جيد للكهرباء.

(ii) سيليكات الصوديوم (Na_2SiO_3)

- تُحضّر سيليكات الصوديوم بتفاعل ثاني أكسيد السيليكون مع هيدروكسيد الصوديوم أو كربونات الصوديوم عند التسخين.
- عند إذابتها في الماء يتكون محلول لزج يعرف باسم الزجاج المائي أو محلول سيليكات الصوديوم.

(iii) السيليكا جيل

- السيليكا جل مادة صلبة مسامية، تحتوي على عدد كبير من المسام الدقيقة؛ ولذلك تمتلك مساحة سطح كبيرة. وتُستخدم كمادة مجففة و مادة ممتزة .
- عند إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى محلول سيليكات الصوديوم، يتكون حمض السيليك H_2SiO_3 في صورة هلام وعند تجفيف الهلام ومعالجته، تتكون السيليكا جل المسامية.

تطبيقات حياتية:

خطورة أول أكسيد الكربون

يصعب اكتشاف أول أكسيد الكربون عند تسربه؛ لأنه غاز عديم اللون والرائحة.

ينقل الهيموجلوبين الموجود في خلايا الدم الحمراء الأكسجين من الرئتين إلى أنسجة الجسم. لكن أول أكسيد الكربون يرتبط بالهيموجلوبين بقوة تزيد كثيرًا على قوة ارتباط الأكسجين به، فتتكون مادة كربوكسي هيموجلوبين.

ولأن أول أكسيد الكربون قد ينتج عن الاحتراق غير الكامل في الأماكن سيئة التهوية، فيجب:

- توفير تهوية مناسبة عند استخدام أجهزة احتراق الوقود.
- صيانة المدافئ والسخانات بانتظام.
- عدم استخدام الفحم أو مصادر اللهب في الأماكن المغلقة.
- تركيب أجهزة الكشف عن أول أكسيد الكربون في الأماكن المعرضة للخطر.

مثال:

أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) حدد الكلمات أو أسماء المواد المناسبة لـ A إلى C في المقطع التالي:

يُتولَّد غاز ثاني أكسيد الكربون عادةً في المختبر بإضافة (A) إلى الحجر الجيري. من ناحية أخرى، يُنتج غاز أول أكسيد الكربون عادةً في المعمل بإضافة حمض الكبريتيك المركز إلى (B) مع التسخين. وعند إمرار غاز ثاني أكسيد الكربون في (C)، فإنه يتحول إلى لون أبيض.

(ب) في التفاعل الذي تحته خط في (أ)، ما دور حمض الكبريتيك المركز؟ اشرح باختصار بالإشارة إلى الخاصية المميزة لحمض الكبريتيك المركز.

(جـ) أي من العبارات التالية غير صحيحة؟

١. يتم الحصول على عنصر السيليكون عن طريق اختزال ثاني أكسيد السيليكون.

٢. يُستخدم جل السيليكا (هلام السيليكا) كمجفف ومادة ممتزة.

٣. عند إضافة الماء إلى سيليكات الصوديوم والتسخين، يتكون محلول سيليكات الصوديوم.

٤. يظهر ثاني أكسيد السيليكون خصائص شبه موصل.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الشرح

(أ) **A**: حمض الهيدروكلوريك المخفف.

B: حمض الفورميك.

C: محلول هيدروكسيد الكالسيوم، أو ماء الجير الرائق.

(ب) يعمل حمض الكبريتيك المركز عاملًا نازعًا للماء.

(جـ) العبارة (٤) غير صحيحة: لأن السيليكون العنصري شبه موصل، أما ثاني أكسيد السيليكون فعازل للكهرباء.

نشاط: تحليل الخواص

المادة	الخاصية أو الملاحظة
أول أكسيد الكربون	غاز سام عديم اللون والرائحة
ثاني أكسيد الكربون	يعكر ماء الجير
السيليكا جل	تمتز بخار الماء
السيليكون	شبه موصل

فكّر كعالم كيمياء:

١. ما المادة المستخدمة للكشف عن ثاني أكسيد الكربون؟

.....

٢. ما المادة التي تُستخدم لإزالة الرطوبة من الهواء؟

.....

٣. أي المركبات يمثل الخطر الصحي الأكبر عند تسربه داخل مكان مغلق؟

.....

٤. ما الأدلة التي تدعم إجاباتك؟

.....

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. لماذا توضع السيليكا جل داخل عبوات بعض المنتجات؟

(أ) لإضافة رائحة إلى المنتج.

(ب) لامتزاز الرطوبة.

(جـ) لتبريد المنتج.

(د) لإنتاج الأكسجين.

٢. ما الكاشف المستخدم عادةً للتعرف على غاز ثاني أكسيد الكربون؟

(أ) حمض الهيدروكلوريك.

(ب) ماء الجير الرائق.

(جـ) هيدروكسيد الصوديوم.

(د) نترات الفضة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣. حدد الكلمات أو أسماء المواد المناسبة للفراغات في المقطع التالي:

أول أكسيد الكربون (i) الذوبان في الماء، وهو غاز عديم اللون، عديم الرائحة، (ii)غاز. يتمتع أول أكسيد الكربون عند درجات الحرارة العالية بخاصية (iii) قوية ويؤدي إلى (iii) لأكاسيد الفلزات. يُحضر أول أكسيد الكربون بإضافة (iv) إلى (v) مع التسخين. ثاني أكسيد الكربون شحيح الذوبان في الماء ويتأين ليصبح (vi) لذلك، يكون المحلول المائي (vii) ضعيف. يُستخدم هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ للكشف عن ثاني أكسيد الكربون. وعند وضعه في ماء الجير، ينتج كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ ، مما يجعل ماء الجير(viii)

٤. صحّح العبارات غير الصحيحة:

(i) ينتشر السيليكون في القشرة الأرضية، ويوجد طبيعيًّا بكميات كبيرة في صورة عنصر حر.

(ii) يمتلك السيليكون العنصري بناءً بلوريًّا مماثلًا لبناء الجرافيت.

(iii)تتكون السيليكا جل المسامية عند معالجة هلام حمض السيليك وتجفيفه.

تدرب:

١. حدد الكلمات أو أسماء المواد المناسبة للفراغات في المقطع التالي:

تشمل أكاسيد الكربون أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون. وينتج أول أكسيد الكربون عن الاحتراق غير التام للوقود، كما يمكن تحضيره بإضافة حمض الكبريتيك المركز إلى (i) ثم التسخين.

وأول أكسيد الكربون غاز شديد السمية و(ii) الذوبان في الماء، وله قدرة اختزالية عند درجات الحرارة المرتفعة.

أما ثاني أكسيد الكربون، فيُحضّر بإضافة (iii) إلى كربونات الكالسيوم. وعند تمريره في ماء الجير يتحول المحلول إلى اللون (iv) نتيجة تكوّن راسب أبيض. ويسمى ثاني أكسيد الكربون الصلب (v)، ويتحول مباشرة من الحالة الصلبة إلى الغازية .

٢. لكل من العبارات الآتية، حدد ما إذا كان الجزء الذي تحته خط صحيحاً أم خاطئاً. وإذا كان خاطئاً، فاقترح المصطلح الصحيح:

(i) عندما يُسخَّن حمض السيليك ويُجفَّف، نحصل على جل السيليكا

(ii) عندما يُضاف حمض الهيدروكلوريك إلى محلول سيليكات الصوديوم، ينتج حمض السيليك

(iii)عندما يُصهر ثنائي أكسيد السيليكون وكلوريد الصوديوم، تنتج سيليكات الصوديوم.

فكّر كمهندس:

تصمم عبوة لأجهزة إلكترونية ستُنقل إلى دولة ذات مناخ شديد الرطوبة.

١. ما المادة التي تضعها داخل العبوة لحماية الأجهزة؟

٢. ما الخاصية التي تجعلها مناسبة لهذا الاستخدام؟

٣. كيف يمكن تصميم العبوة بحيث تظل المادة فعالة أطول مدة ممكنة؟

ادعم قرارك بأدلة علمية.

.....

الربط بالاستدامة

تُجسّد عملية سولفاي عدة مبادئ للكيمياء المستدامة

- ✓ إعادة تدوير ثاني أكسيد الكربون
- ✓ إعادة توليد الأمونيا وإعادة استخدامها
- ✓ تقليل استهلاك المواد الخام
- ✓ تقليل النفايات الصناعية
- ✓ تقليل النفايات الصناعية المنبعثة

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٦-٣ – الفلزات القلوية ومركباتها

مقدمة

عند إعداد المخبوزات، تتكون أثناء التسخين فقاعات صغيرة تجعل العجين ينتفخ ويصبح هشًّا. ويرجع ذلك إلى وجود كربونات الصوديوم الهيدروجينية أو بيكربونات الصوديوم، الذي يطلق غاز ثاني أكسيد الكربون عند تحلله بالحرارة.

وفي المصانع، تُنتج كميات كبيرة من مركبات الصوديوم التي تدخل في صناعة الزجاج والمنظفات والأدوية معالجة وتطهير الماء. ولتقليل استهلاك المواد الخام والنفايات، يصمم الكيميائيون العمليات الصناعية بحيث تسمح باسترجاع بعض المواد وإعادة استخدامها.

سوف تستكشف في هذا الدرس سبب شدة نشاط الفلزات القلوية، وكيف يتحول الصوديوم إلى مركبات آمنة ومفيدة، وكيف تُصنع كربونات الصوديوم بطريقة أكثر كفاءة واستدامة.

؟ سؤال توجيهي: كيف يتحول الصوديوم، وهو فلز شديد النشاط، إلى مركبات متعددة تدعم حياتنا اليومية وتدخل في صناعات مهمة؟

الاستكشاف

تأمل المواقف الآتية:

- ينتفخ العجين أثناء الخَبز.
- تتصاعد فقاعات من بعض الأقراص الفوارة عند وضعها في الماء.
- يبدو ملح الطعام آمنًا، بينما يتفاعل فلز الصوديوم بعنف مع الماء.

أجب قبل دراسة الدرس:

١. لماذا يكون فلز الصوديوم خطرًا، بينما يكون كلوريد الصوديوم آمنًا عند تناوله بالكميات المناسبة؟

.....

٢. لماذا تنتج صودا الخبز فقاعات أثناء الخبز؟

.....

٣. لماذا يُسترجع ثاني أكسيد الكربون ويُعاد استخدامه في صناعة كربونات الصوديوم؟

.....

تعلم

١. الفلزات القلوية:

(أ) تقع الفلزات القلوية في المجموعة الأولى من الجدول الدوري، باستثناء الهيدروجين، وتشمل: الليثيوم (Li)، الصوديوم (Na)، البوتاسيوم (K)، الروبيديوم (Rb)، السيزيوم (Cs)، الفرنسيوم (Fr)

(ب) خواص الفلزات القلوية

١. فلزات لينة ذات بريق فضي عند قطعها حديثًا، كثافتها منخفضة نسبيًّا.

٢. درجات انصهارها منخفضة

٣. تُستخلص عادةً بالتحليل الكهربائي لمصهور أملاحها.

٤. تعطي عناصرها أو مركباتها ألوانًا مميزة عند اختبار اللهب.

٥. تتفاعل مع الماء، وينتج عن التفاعل محلول هيدروكسيد الفلز وغاز الهيدروجين.

٦. تُحفظ عينات الصوديوم والبوتاسيوم تحت سطح الكيروسين؛ لعزلها عن أكسجين الهواء ورطوبته.

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- تفقد الفلزات القلوية إلكترون التكافؤ الوحيد بسهولة؛ لذلك تتميز بنشاط كيميائي مرتفع.
- تكوّن الفلزات القلوية أيونات موجبة أحادية الشحنة.
- يكون الصوديوم عددًا كبيرًا من المركبات التي تختلف خواصها عن خواص العنصر.
- تعتمد طريقة سولفاي على استرجاع الأمونيا وثاني أكسيد الكربون وإعادة استخدامهما.

المفاهيم الأساسية:

- الفلزات القلوية
- النشاط الكيميائي
- إلكترون التكافؤ
- التحليل الكهربائي للمصهور
- هيدروكسيد الصوديوم
- كربونات الصوديوم الهيدروجينية أو بيكربونات الصوديوم
- كربونات الصوديوم
- التحلل الحراري
- طريقة سولفاي
- إعادة التدوير الصناعي.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الكيمياء في الحياة اليومية:

المنتج أو الاستخدام	التعبير	التعبير
صودا الخَبز وبعض مساحيق الخَبز	كربونات الصوديوم الهيدروجينية أو بيكربونات الصوديوم	إطلاق غاز (CO_2) والمساعدة في انتفاخ العجين
صناعة الصابون	هيدروكسيد الصوديوم	التفاعل مع الدهون لتكوين أملاح الأحماض الدهنية
منظفات الغسيل ومعالجة الماء العسر	كربونات الصوديوم	تقليل تأثير أيونات العسر والمساعدة في التنظيف
بعض مضادات الحموضة	كربونات الصوديوم الهيدروجينية أو بيكربونات الصوديوم	معادلة جزء من حمض المعدة

٢. مركبات الصوديوم Na:

(أ) هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)

- يتكون هيدروكسيد الصوديوم عند تفاعل الصوديوم مع الماء:

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2\uparrow$$

- مادة صلبة بيضاء.
- شديدة الذوبان في الماء. محلوله المائي قلوي قوي.
- مادة متميعة؛ تمتص بخار الماء من الهواء وتذوب فيه تدريجيًّا.
- مادة كاوية؛ لذا يجب التعامل معها بحذر.

(ب) هيدروجين كربونات الصوديوم ($NaHCO_3$)

- مسحوق أبيض.
- يسمى شائعًا بيكربونات الصوديوم أو صودا الخَبز.
- ضعيف الذوبان نسبيًّا في الماء و محلوله المائي قاعدي ضعيف.
- يدخل في صناعة مساحيق الخَبز وبعض الأقراص الفوارة ومضادات الحموضة.

(جـ) كربونات الصوديوم (Na_2CO_3)

- مادة صلبة بيضاء.
- تذوب في الماء و محلولها المائي قاعدي.
- تدخل في صناعة الزجاج والمنظفات ومعالجة عسر الماء.
- تُنتج صناعيًّا بطريقة سولفاي.

طريقة سولفاي

تُستخدم طريقة سولفاي لإنتاج كربونات الصوديوم صناعيًّا من كلوريد الصوديوم والحجر الجيري، مع استخدام الأمونيا وإعادة تدويرها.

❶ عندما تُذوّب الأمونيا في محلول مائي مشبع من كلوريد الصوديوم ويُمرر ثاني أكسيد الكربون عبره، يترسب بيكربونات الصوديوم

$$NaCl + NH_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow NaHCO_3\downarrow + NH_4Cl$$

❷ عند تحلل الراسب حراريًا، يتم الحصول على كربونات الصوديوم

$$2NaHCO_3 \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

الكيمياء والاستدامة

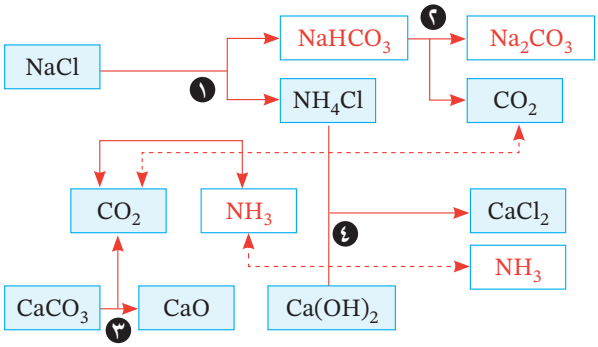
تُظهر عملية سولفاي عدة مبادئ للكيمياء المستدامة.

- يتم إعادة تدوير ثاني أكسيد الكربون.
- يتم تجديد الأمونيا وإعادة استخدامها.
- يتم تقليل استهلاك المواد الخام.
- يتم تقليل كمية النفايات الصناعية المنبعثة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

❸ يُعاد استخدام ثاني أكسيد الكربون الناتج عن التفاعل ❷ في التفاعل ❶. علاوة على ذلك، يتم تحلل الحجر الجيري $CaCO_3$ للحصول على ثاني أكسيد الكربون

$$CaCO_3 \xrightarrow{\Delta} CaO + CO_2$$



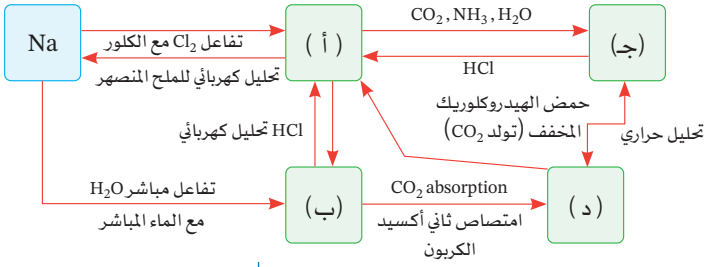
❹ يتم تجديد الأمونيا عن طريق تفاعل كلوريد الأمونيوم (المنتج في الخطوة ❶) مع هيدروكسيد الكالسيوم. ويُحصل على هيدروكسيد الكالسيوم عن طريق تفاعل أكسيد الكالسيوم (من الخطوة ❸) مع الماء. ثم تُعاد استخدام الأمونيا المُجددة في الخطوة ❶.

$$Ca(OH)_2 + 2NH_4Cl \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3$$

مثال:

يوضح الشكل جهازًا مستخدمًا لتحضير غاز الكلور

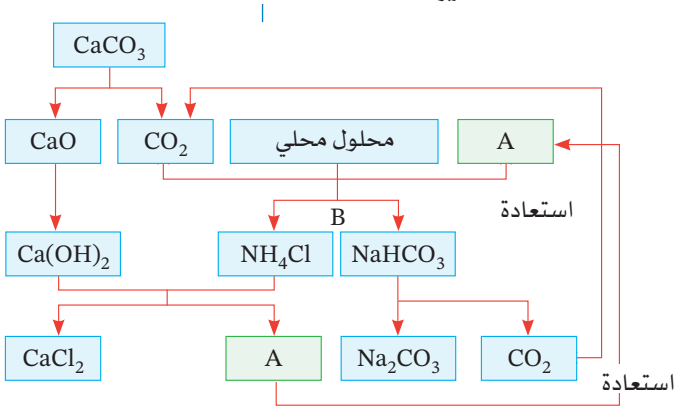
أجب عن الأسئلة الآتية:



(أ) يوضح الشكل المقابل:

العلاقة بين الصوديوم ومركباته.

اكتب الصيغ الكيميائية للمواد من (أ) إلى (د)



(ب) يوضح الشكل المقابل:

عملية تصنيع كربونات الصوديوم.

ومع ذلك، تم حذف الماء من الشكل.

أجب عن الأسئلة التالية:

(i) ما اسم عملية التصنيع هذه؟

(ii) حدد الصيغة الكيميائية للمادة A

(iii) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الذي يحدث في الخطوة B.

الشرح

(أ) اذكر مركب الصوديوم (Na) الناتج في كل تفاعل:

(i) يتفاعل الصوديوم مع الكلور وفقًا للمعادلة الآتية :

$$2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$$

الإجابة: NaCl

(ii) يتفاعل الصوديوم مع الماء وفقًا للمعادلة الآتية :

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$$

الإجابة: NaOH

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

(iii) يتفاعل كلوريد الصوديوم مع الماء، والأمونيا، وثاني أكسيد الكربون وفقًا للمعادلة الآتية:

$$NaCl + NH_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$$

الناتج: $(NaHCO_3)$

(iv) تخضع كربونات الصوديوم الهيدروجينية للتحلل الحراري وفقًا للمعادلة الآتية:

$$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

الناتج: (Na_2CO_3)

(ب) (i) عملية سولفاي

(ii) كما هو موضح في أسفل الشكل، يتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع كلوريد الأمونيوم وفقًا للمعادلة الآتية:

$$Ca(OH)_2 + 2NH_4Cl \rightarrow CaCl_2 + 2\,H_2O + 2NH_3$$

يتكون الأمونيا (NH_3)

(iii) $NaCl + H_2O + NH_3 + CO_2 \rightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$

طبيعة العلم: تحديد المتغيرات:

يريد مهندس كيميائي زيادة استدامة أحد مصانع كربونات الصوديوم.

المشكلة

كيف يمكن تقليل النفايات مع المحافظة على معدل الإنتاج؟

خطط للاستقصاء

١. ما المواد التي يمكن استرجاعها وإعادة استخدامها؟ .....

٢. ما المتغير المستقل؟ .....

٣. ما المتغير التابع؟ .....

٤. ما المتغيرات التي يجب ضبطها لضمان عدالة المقارنة؟ .....

نشاط تفسير البيانات: تحليل البيانات التجريبية

التفاعل الأول	كمية (CO_2) المستخدمة (kg)	كمية ثاني أكسيد الكربون المعاد تدويرها (kg)
التفاعل الأول	100	–
التحلل الحراري لهيدروجين كربونات الصوديوم	–	42
التسخين الحراري للحجر الجيري	–	51

فكّر كعالم كيمياء:

١. لماذا يعاد تدوير ثاني أكسيد الكربون بدلًا من التخلص منه؟ .....

٢. أي تفاعل يمد العملية بكمية إضافية من ثاني أكسيد الكربون؟ .....

٣. كيف تؤدي إعادة التدوير إلى تحسين الكفاءة الصناعية؟ .....

حاول بنفسك:

اجب عن الأسئلة الآتية:

١. أي من العبارات التالية المتعلقة بالفلزات القلوية صحيحة؟

(أ) تعطي مركبات بعض الفلزات القلوية ألوانًا مميزة في اختبار اللهب.

(ب) تتميز الفلزات القلوية عمومًا بارتفاع درجات انصهارها وانخفاض كثافتها.

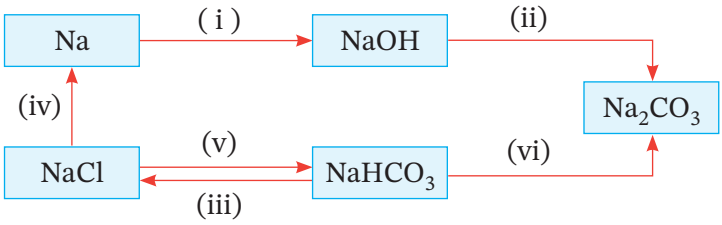
(جـ) لا تتفاعل الفلزات القلوية مع الماء البارد، لكنها تتفاعل مع الماء الساخن.

(د) يُحفظ الصوديوم تحت سطح الكيروسين لعزله عن الهواء والرطوبة.

(هـ) هيدروكسيد الصوديوم وكربونات الصوديوم مادتان صلبتان بيضاوان.

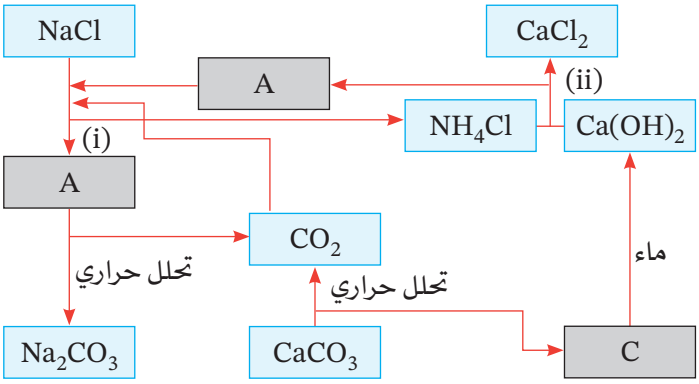
D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٢. يوضح الشكل التالي المركبات التي تم الحصول عليها من الصوديوم. اختر العمليات المناسبة للأرقام من (i) إلى (vi) من **A** إلى **F** أدناه.



A. امتصاص ثاني أكسيد الكربون (CO_2)
B. إضافة حمض الهيدروكلوريك (HCl)
C. تسخين المادة الصلبة
D. التحليل الكهربائي للملح المنصهر
E. إضافة (NH_3 , H_2O , CO_2)
F. إضافة الماء

٣. يتم تصنيع كربونات الصوديوم صناعيًّا كما هو موضح في الشكل التالي.



أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اذكر العملية الصناعية المستخدمة في تصنيع كربونات الصوديوم.

.....

(ب) اكتب الصيغ الكيميائية للمواد (A) و(B) و(C) في الشكل.

.....

(جـ) اكتب المعادلات الكيميائية لـ (i) و(ii) في الشكل.

.....

التحديات الكبرى:

تخطط إحدى الشركات لإنشاء مصنع جديد لإنتاج كربونات الصوديوم، واقترح تصميمان:

المصنع (أ)

يطلق ثاني أكسيد الكربون الناتج في الغلاف الجوي، ولا يسترجع الأمونيا.

المصنع (ب)

يسترجع ثاني أكسيد الكربون والأمونيا ويعيد استخدامهما في العملية.

قيّم التصميمين:

١. أي المصنعين أكثر استدامة؟ .....

٢. أيهما ينتج كمية أقل من النفايات والانبعاثات؟ .....

استخدم الأدلة العلمية لتبرير استنتاجك. .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. لماذا يُحفظ فلز الصوديوم تحت سطح الكيروسين؟

(أ) لرفع درجة انصهاره.
(ب) لمنع تفاعله مع أكسجين الهواء ورطوبته.
(جـ) لزيادة توصيله للكهرباء.
(د) لتقليل كثافته.

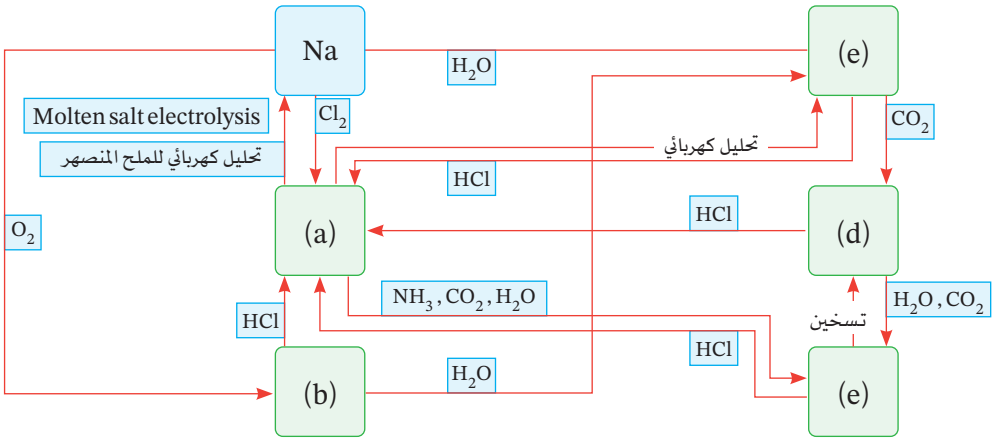
٢. أي المواد الآتية يعاد تدويرها في طريقة سولفاي؟

(أ) الأمونيا فقط.
(ب) ثاني أكسيد الكربون فقط.
(جـ) الأمونيا وثاني أكسيد الكربون.
(د) كلوريد الكالسيوم والهيدروجين.

٣. أي من العبارات التالية المتعلقة بالفلزات القلوية صحيحة؟

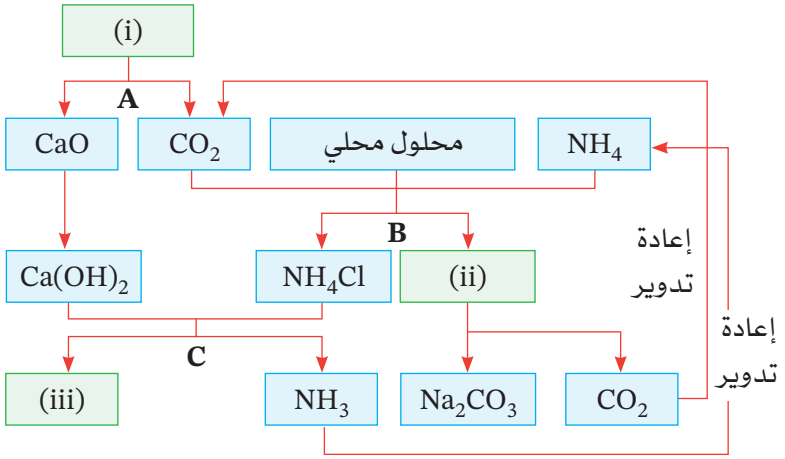
(أ) تتميز معظم الفلزات القلوية بارتفاع درجات انصهارها وكثافتها.
(ب) تُحفظ الفلزات القلوية تحت الماء لمنع تفاعلها مع الأكسجين.
(جـ) هيدروكسيد الصوديوم قاعدة قوية ومادة متميعة.
(د) يسمى هيدروجين كربونات الصوديوم صودا الخَبز، ويُستخدم في بعض المخبوزات.

٤. يوضح الشكل المقابل العلاقة بين الصوديوم ومركباته. حدد الصيغ الكيميائية للمواد من (a) إلى (e)



٥. يوضح الشكل التالي مسار عملية تصنيع كربونات الصوديوم. في ضوء الشكل التالي.

أجب عن الأسئلة التالية.



(أ) ما اسم هذه العملية الصناعية؟

(ب) حدد الصيغ الكيميائية للمواد من (i) إلى (iii).

(جـ) اكتب المعادلات الكيميائية الموزونة للتفاعلات التي تحدث في الخطوات (A) و(B) و(C).

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٧-٣ — الفلزات القلوية الأرضية ومركباتها

مقدمة

تأمل كهفًا جيريًّا تتدلى من سقفه الهوابط وترتفع من أرضيته الصواعد، وقد استغرق تكوّنها آلاف السنين. ثم تخيل عمالًا في موقع بناء يضيفون الماء إلى الجير الحي لإعداد بعض مواد البناء.

تبدو الحالتان مختلفتين، لكنهما ترتبطان بكيمياء مركبات الكالسيوم.

فمن الكهوف والأصداف إلى الأسمنت ومياه الشرب والزراعة وحماية البيئة، تؤدي مركبات الكالسيوم أدوارًا مهمة في الطبيعة والمجتمع.

سوف تكتشف كيف تؤدي تفاعلات كيميائية بسيطة إلى تكوين مناظر طبيعية مميزة، وتدعم صناعات وتقنيات متعددة في حياتنا اليومية.

؟ سؤال توجيهي: كيف تفسر كيمياء الكالسيوم تكوّن الكهوف الجيرية، وإنتاج بعض المواد المستخدمة في البناء؟

الاستكشاف

الأدوات والمواد

- محلول هيدروكسيد الكالسيوم الرائق (ماء الجير)
- مصدر آمن لغاز ثاني أكسيد الكربون.
- أنبوبتا اختبار.
- ساعة إيقاف.

خطوات العمل

١. ضع حجمًان متساويًان من ماء الجير في أنبوبتي الاختبار.

٢. مرّر الهواء الجوي في الأنبوبة الأولى مدة 30 ثانية.

٣. مرّر هواء غني بثاني أكسيد الكربون (ناتج من الزفير) في الأنبوبة الثانية بنفس السرعة.

٤. استمر في تمرير الغاز في الأنبوبة الثانية مدة إضافية.

٥. قارن مظهر المحلولين.

ما ملاحظتك؟

.....

ما استنتاجك؟

.....

تعلم

١. الفلزات القلوية الأرضية

(أ) تقع الفلزات القلوية الأرضية في المجموعة الثانية من الجدول الدوري، وتشمل:

(Be)، (Mg)، (Ca)، (Sr) السترونشيوم، (Ba) الباريوم، (Ra) الراديوم

(ب) خواص الفلزات القلوية الأرضية:

(i) فلزات ذات بريق فضي.

(ii) روابطها الفلزية أقوى عمومًا من روابط الفلزات القلوية الواقعة في نفس الدورة ولذلك فهي أكثر صلابة وأعلى في درجة الانصهار وأعلى كثافة.

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- ينتمي الماغنيسيوم والكالسيوم إلى المجموعة الثانية من الجدول الدوري.
- تكوّن فلزات المجموعة الثانية غالبًا أيونات موجبة ثنائية الشحنة.
- تتحول مركبات الكالسيوم في الطبيعة بين صور صلبة وأخرى ذائبة.

المفاهيم الأساسية:

- الفلزات القلوية الأرضية
- الأيونات ثنائية الشحنة
- دورة الكالسيوم
- ماء الجير
- الجير الحي
- الجير المطفأ
- الكربونات
- هيدروجين الكربونات
- الذوبانية
- الماء العسر

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(iii) خواص الماغنسيوم (Mg):

- لا يتفاعل بسهولة مع الماء البارد؛ يتفاعل ببطء مع الماء الساخن مكونًا هيدروكسيد الماغنيسيوم (قلوي ضعيف).
- كربونات الماغنيسيوم شحيحة الذوبان في الماء. وتذوب في حمض الهيدروكلوريك:

$$MgCO_3 + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2O + CO_2$$

- لا يعطي الماغنيسيوم لونًا مميزًا يمكن الاعتماد عليه في اختبار اللهب المعتاد.

(iv) خواص الكالسيوم (Ca):

- يتفاعل مع الماء في درجة حرارة الغرفة مكونًا هيدروكسيد الكالسيوم (قلوي قوي) وغاز الهيدروجين:

$$Ca + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$$

- تعطي مركبات الكالسيوم لونًا أحمر قرميديًا (أحمر طوبي) في اختبار اللهب.

٢. مركبات الكالسيوم:

(أ) أكسيد الكالسيوم (CaO):

أكسيد الكالسيوم: $2Ca + O_2 \rightarrow 2CaO$

- مادة صلبة بيضاء، يسمى الجير الحي.
- يُنتج صناعيًا بالتسخين الشديد للحجر الجيري ($CaCO_3$)

(ب) هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$:

- مسحوق أبيض، يسمى الجير المطفأ.
- يتكون عند إضافة الماء إلى أكسيد الكالسيوم: $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
- شحيح الذوبان في الماء، محلوله المائي المشبع قاعدي.
- يسمى محلوله الرائق المشبع ماء الجير. $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$

(جـ) كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$):

- يتواجد بكثرة في الطبيعة باعتباره المكون الرئيسي للحجر الجيري والرخام والأصداف البحرية، .....إلخ.
- يتكون على شكل راسب أبيض عند إمرار ثاني أكسيد الكربون في ماء الجير الرائق لفترة قصيرة، مسببا تعكر ماء الجير عند استمرار تمرير ثاني أكسيد الكربون، يتفاعل مع كربونات الكالسيوم والماء مكونًا هيدروجين كربونات الكالسيوم الذائبة $Ca(HCO_3)_2$، ولذلك يختفي الراسب ويصبح المحلول رائقًا مرة أخرى.
- في الطبيعة، تعمل المياه التي تحتوي على ثاني أكسيد الكربون على إذابة $CaCO_3$ — مثل الحجر الجيري — مما يؤدي أحيانًا إلى تكوين كهوف الحجر الجيري.

– وعلى العكس من ذلك، عندما ينطلق ثاني أكسيد الكربون من محلول مائي يحتوي على $Ca(HCO_3)_2$، يترسب $CaCO_3$. ومن خلال تكرار هذه العملية، تتشكل الهوابط والركائز في كهوف الحجر الجيري.

(د) كبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$):

توجد في الطبيعة في عدة صور، منها كبريتات الكالسيوم ثنائية الماء $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ وتسمى الجبس.

التصورات الخطأ:

مفهوم خاطئ:

✗ ماء الجير والحجر الجيري هما المادة نفسها.

التصحيح:

✓ ماء الجير الرائق هو محلول هيدروكسيد الكالسيوم.
الحجر الجيري هو كربونات الكالسيوم الصلبة.

الكيمياء من أجل الاستدامة

تسهم مركبات لكالسيوم في التنمية المستدامة من خلال:
– معالجة مياه الشرب.
– معادلة التربة الحمضية.
– دعم مواد البناء الصديقة للبيئة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(هـ) مسحوق التبييض $CaCl(OCl)\cdot H_2O$:

- يتم الحصول عليه عن طريق تفاعل هيدروكسيد الكالسيوم الصلب $(Ca(OH)_2)$ مع غاز الكلور (Cl_2).
- يعمل كعامل مؤكسد.

تطبيقات حياتية:

المركب	بعض الاستخدامات
أكسيد الكالسيوم	صناعة الأسمنت ومعالجة بعض المواد.
هيدروكسيد الكالسيوم	معالجة المياه ومعادلة التربة الحمضية.
كربونات الكالسيوم	أحجار البناء والطباشير ومعجون الأسنان.
الجبس	الجبائر الطبية وألواح البناء.
مسحوق التبييض	التطهير والتبييض

مثال:

أجب عن الأسئلة الآتية:

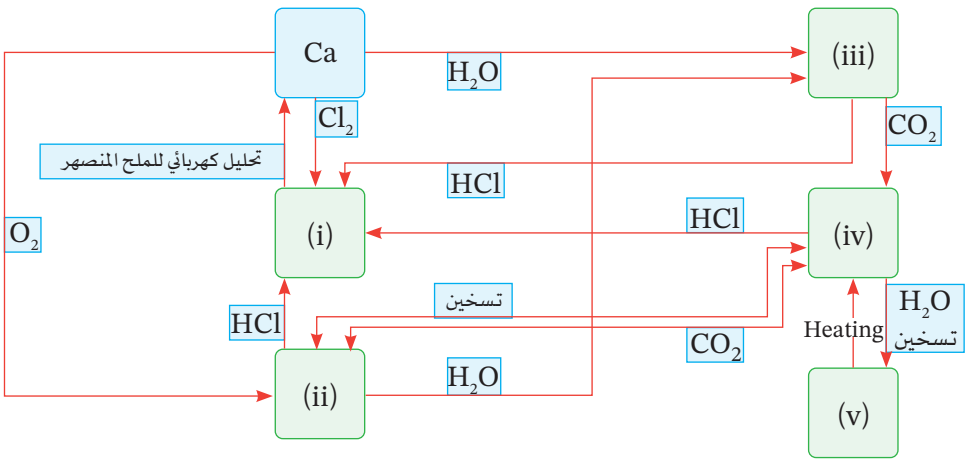
(أ) بالنسبة لكل خاصية من الخصائص التالية، حدد ما إذا كانت تنطبق على الكالسيوم فقط (A)، أو على الماغنيسيوم فقط (B)، أو على كليهما (C).

(i) المحلول المائي لهيدروكسيد هذا العنصر قاعدي قوي.

(ii) كربونات هذا العنصر تذوب في حمض الهيدروكلوريك.

(iii) يتحول الي كاتيونات ثنائية التكافؤ بسهولة.

(ب) حدد الصيغ الكيميائية للمواد من (i) إلى (v) الموضحة في الشكل التالي:



الشرح

(أ) (i) يتفاعل الماغنيسيوم مع الماء الساخن لتكوين هيدروكسيد قاعدي ضعيف. (A)

(ii) يتفاعل كل من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ وكربونات الماغنيسيوم $MgCO_3$ مع الأحماض القوية مثل حمض الهيدروكلوريك، حيث يذوبان وينتجان ثاني أكسيد الكربون. (C)

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(iii) يُعد كل من الكالسيوم والماغنيسيوم من الفلزات القلوية الأرضية. وتقع الفلزات القلوية الأرضية في المجموعة 2 من الجدول الدوري، ولها إلكترونان تكافؤ، وتكون بسهولة كاتيونات ثنائية التكافؤ.

(ب) حدد مركب الكالسيوم Ca الناتج في كل تفاعل.

(i) يتفاعل الكالسيوم مع الكلور وفقًا للمعادلة التالية:

$$Ca + Cl_2 \rightarrow CaCl_2$$

الإجابة: $CaCl_2$

(ii) يتفاعل الكالسيوم مع الأكسجين وفقًا للمعادلة التالية:

$$2Ca + O_2 \rightarrow 2CaO$$

الإجابة: CaO

(iii) يتفاعل أكسيد الكالسيوم مع الماء وفقًا للمعادلة التالية:

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

الإجابة: $Ca(OH)_2$

(iv) يتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع ثاني أكسيد الكربون وفقًا للمعادلة التالية:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

الإجابة: $CaCO_3$

(v) يتفاعل كربونات الكالسيوم مع الماء وثاني أكسيد الكربون وفقًا للمعادلة التالية:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

الإجابة: $Ca(HCO_3)_2$

نشاط: تفسير النتائج التجريبية:

الإجراء	الملاحظة
إمرار كمية مناسبة من (CO_2) في ماء الجير	يتكون راسب أبيض
أستمرار إمرار (CO_2)	يختفي الراسب ويصبح المحلول رائقًا

فكّر كعالم كيمياء

١. لماذا ظهر الراسب الأبيض أولًا؟

.....

٢. لماذا اختفى عند استمرار تمرير الغاز؟

.....

٣. ما المركب الذائب الذي تكوّن؟

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. ما المركب الذي يسمى الجير الحي؟

(أ) $CaCO_3$ (ب) CaO

(جـ) $Ca(OH)_2$ (د) $Ca(HCO_3)_2$

٢. ما المركب الذي يسبب تعكر ماء الجير؟

(أ) $Ca(HCO_3)_2$ (ب) $CaCO_3$

(جـ) $Ca(OH)_2$ (د) $CaCl_2$

٣. أي العبارات الآتية تنطبق على الماغنيسيوم ولا تنطبق على الكالسيوم؟

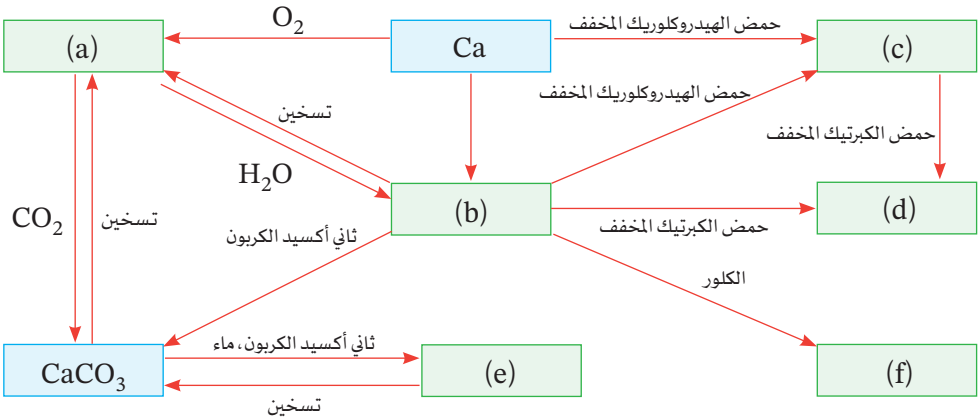
(أ) كربوناته شديدة الذوبان في الماء.

(ب) لا تعطي مركباته لونًا مميزًا في اختبار اللهب المعتاد.

(جـ) يتفاعل بسهولة مع الماء البارد.

(د) هيدروكسيده شديد الذوبان في الماء

٤. يوضح المخطط التالي عنصر الكالسيوم ومركباته. أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) حدد الصيغ الكيميائية والأسماء الكيميائية للمركبات من (a) إلى (f).

(ب) أي اثنين من العبارات التالية (1 إلى 6) المتعلقة بالمركبات من (a) إلى (f) غير صحيحتين؟

(i) المركب (a) هو مادة صلبة بيضاء تُسمى الجير الحي.

(ii) يُسمى المركب (b) الجير المطفأ، ومحلوله المائي قاعدي ضعيف.

(iii) (C) هو الملح الناتج عن تعادل المحلول المائي لـ (b) مع حمض الهيدروكلوريك.

(iv) يوجد ثنائي هيدرات (d) في الطبيعة على شكل الجبس.

(v) يتكون محلول مائي لـ (e) أثناء عملية تكوين الكهوف الجيرية.

(vi) يعمل (f) كعامل مختزل.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

التحدي الكبير:

تخطط مدينة لترميم أثر قديم مصنوع من الحجر الجيري، وقد تعرض للتلف نتيجة الأمطار الحمضية.

أجب بوصفك متخصصًا في كيمياء المواد:

١. اشرح سبب تضرر الحجر الجيري بفعل الأمطار الحمضية.

.....

٢. اقترح مركبًا من الكالسيوم يمكن أن يساعد في إصلاح أو حماية هذا النصب.

.....

٣. لماذا يُعد فهم كيمياء الكالسيوم مهمًا لحماية التراث الثقافي؟

.....

٤. ادعم إجاباتك بأدلة علمية.

.....

تدرب:

١. بالنسبة لكل خاصية من الخصائص التالية، حدد ما إذا كانت تنطبق فقط على الماغنيسيوم (A)، أو فقط على الكالسيوم (B)، أو على كليهما (C)

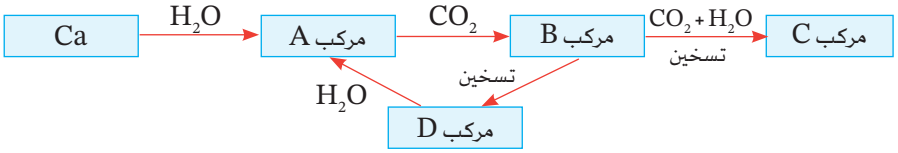
(أ) يشكل بسهولة كاتيونات ثنائية التكافؤ.

(ب) لا يتفاعل مع الماء في درجة حرارة الغرفة، لكنه يتفاعل مع الماء الساخن.

(جـ) كربونات هذا العنصر شحيحة الذوبان في الماء.

(د) يذوب هيدروكسيدها في الماء، ومحلولها المائي قاعدة قوية

٢. يوضح المخطط التالي عنصر الكالسيوم ومركباته. أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) حدد الصيغ الكيميائية والأسماء الكيميائية للمركبات من «A» إلى «D»

(ب) أي من العبارات التالية (i) إلى (iv) المتعلقة بالمركبات من «A» إلى «D» غير صحيحة؟

(i) المركب «A» قليل الذوبان في الماء، ومحلوله المائي قاعدي ضعيف.

(ii) المركب «B» موجود على نطاق واسع في الطبيعة باعتباره المكون الرئيسي للحجر الجيري والرخام.

(iii) في كهف من الحجر الجيري، يترسب المركب (B) من المحلول المائي للمركب (C)، فتنمو التكوينات الجيرية.

(iv) يُسمى المركب (D) الجير الحي، ونظرًا لأنه يولد حرارة عند تفاعله مع الماء، فإنه يُستخدم كعامل تسخين.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٨-٣ – الفلزات الممثلة بخلاف المجموعتين ١ و ٢

مقدمة

نشرب المشروبات من عبوات الألومنيوم، ونستخدم الزنك لحماية الحديد من الصدأ، وتعتمد بطاريات السيارات التقليدية على الرصاص ومركباته.

وتتميز بعض هذه الفلزات بسلوك كيميائي غير مألوف؛ إذ تتفاعل مع الأحماض والقواعد القوية معًا. كما تكوّن أيوناتها أنواعًا كيميائية تسمى الأيونات المعقدة، يستفاد منها في التحليل الكيميائي والصناعة ومعالجة المياه.

سوف تكتشف لماذا توصف بعض الفلزات بأنها مترددة أو أمفوتيرية، وكيف يستفيد الكيميائيون من تفاعلاتها في حل مشكلات واقعية.

؟ سؤال توجيهي: لماذا تتفاعل بعض الفلزات ومركباتها مع الأحماض والقواعد القوية، بينما لا تسلك معظم الفلزات السلوك نفسه؟

الاستكشاف

أُضيف محلول هيدروكسيد الصوديوم تدريجيًّا إلى محلول كلوريد الألومنيوم:

- تكوّن أولًا راسب أبيض جيلاتيني.
- وعند إضافة مزيد من هيدروكسيد الصوديوم، اختفى الراسب وأصبح المحلول رائقًا.

وتحدث ظاهرة مشابهة مع أيونات الزنك.

ناقش قبل دراسة الدرس:

١. لماذا تكوّن الراسب في البداية؟ .....

٢. لماذا اختفى عند إضافة وفرة من هيدروكسيد الصوديوم؟ .....

٣. إلى أي نوع كيميائي تحول الراسب؟ .....

تعلم

١. الأيونات المعقدة (أيون متراكب):

أيون يتكون من جزيئات أو أنيونات ترتبط بروابط تناسقية مع أيون فلزي يُعبَّر عن الصيغة الكيميائية لهذا الأيون [ ]

مثال: أيون سداسي سيانيدوفيرات $[Fe(CN)_6]^{4-}$

← أيون مركب يتكون من أيون الحديد $Fe^{+2}(II)$ وأيونات السيانيد CN^-

المعقد (أيون متراكب) نوع كيميائي يتكون من أيون فلزي مركزي تحيط به جزيئات أو أيونات تسمى ليجندات، وترتبط به بروابط تناسقية.

تُكتب صيغة الأيون المعقد بين قوسين مربعين:

$$[M(L)_n]^q$$

مثال:

$$[Fe(CN)_6]^{4-}$$

ويسمى أيون، ويتكون من أيون حديد (II) مركزي تحيط به ستة أيونات سيانيد.

يرد المثال هنا لشرح الصيغة والبناء فقط؛ فمركبات السيانيد قد تكون شديدة السمية، ولا تُستخدم في أنشطة طلابية مفتوحة.

بنية العلم

الحقيقة الأساسية:

يعتمد السلوك الكيميائي للفلزات على تركيبها الإلكتروني وقدرتها على تكوين روابط تناسقية ومتراكبات

المفاهيم الأساسية:

- الأيون المعقد
- الرابطة التناسقية
- الليجند
- الفلز المتردد
- الأكسيد المتردد
- الهيدروكسيد المتردد
- الترسيب
- الذوبان في وفرة من الكاشف.

التصورات الخطأ:

✗ مفهوم خاطئ:
الأيون المتراكب مجرد مخلوط من عدة أيونات.

✓ التصحيح:
الأيون المتراكب نوع كيميائي متميز، يتكون عندما ترتبط الليجندات بالأيون الفلزي المركزي بروابط تناسقية.

✗ مفهوم خاطئ:
يتصرف الألومنيوم مثل جميع الفلزات الأخرى.

✓ التصحيح:
الألومنيوم فلز متردد؛ إذ يتفاعل مع الأحماض والقواعد القوية. كما أن أكسيده وهيدروكسيده المتردد.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

١. الألومنيوم (Al):

(أ) عنصر الألومنيوم:

- ينتمي إلى المجموعة 13 من الجدول الدوري تحتوي ذرته على ثلاث إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي.
- صناعيًا، يتم إنتاجه عن **طريق التحليل الكهربائي للملح المنصهر** من أكسيد الألومنيوم المنقي من **البوكسيت**.
- الألومنيوم فلز **متردد**؛ إذ يتفاعل مع الأحماض والقواعد القوية مطلقًا الهيدروجين.

مثال: تفاعله مع حمض الهيدروكلوريك

$$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2 \uparrow$$

تفاعله مع هيدروكسيد الصوديوم

$$2Al + 2NaOH + 6H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2 \uparrow$$

ويتكون في المحلول أيون رباعي هيدروكسيدوألومينات $[Al(OH)_4]^-$:

ملاحظة: يُطلق على الفلز الذي يتفاعل مع كل من المحاليل المائية الحمضية والقاعدية القوية اسم «فلز متردد».

(ب) مركبات الألومنيوم:

(i) أكسيد الألومنيوم (Al_2O_3):

- مادة صلبة بيضاء، يتكون على سطح الألومنيوم عند تعرضه للأكسجين.
- أكسيد أمفوتيري؛ يذوب في الأحماض والقواعد القوية.

ملاحظة: يُطلق على أكسيد الفلز الذي يتفاعل مع كل من المحاليل المائية الحمضية والقاعدية القوية اسم «أكسيد متردد».

(ii) هيدروكسيد الألومنيوم ($Al(OH)_3$):

- يتكون في صورة راسب أبيض جيلاتيني عند إضافة كمية مناسبة من قاعدة إلى محلول يحتوي على أيونات الألومنيوم Al^{+3}.
- هيدروكسيد أمفوتيري؛ إذ يذوب في الحمض وفي وفرة من القاعدة القوية.
- **مثال:** ذوبانه في الحمض

$$Al(OH)_3 + 3HCl \rightarrow AlCl_3 + 3H_2O$$

- التفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم

$$Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow Na[Al(OH)_4]$$

← عند إضافة كمية زائدة من المحلول المائي لهيدروكسيد الصوديوم، تتكون أيونات رباعي هيدروكسيد الألومينات $[Al(OH)_4]^-$.

ملاحظة: يُطلق على الهيدروكسيد القابل للذوبان في كل من المحاليل المائية الحمضية والقاعدية القوية اسم الهيدروكسيد متردد.

٣. الزنك Zn:

(أ) تفاعلات الزنك:

- يتفاعل مع محاليل الأحماض المخففة والقواعد القوية وينطلق **غاز الهيدروجين** .....

الزنك فلز أمفوتيري

- يحترق في الأكسجين مكونًا **أكسيد الزنك** ZnO

(ب) تفاعلات أيون الزنك (Zn^{2+})

مع كمية قليلة من هيدروكسيد الصوديوم أو محلول الأمونيا يتكون راسب أبيض من هيدروكسيد الزنك: $Zn(OH)_2$

مع وفرة من هيدروكسيد الصوديوم يذوب الراسب ويتكون أيون رباعي هيدروكسيدوزنكات II $[Zn(OH)_4]^{2-}$

$$Zn(OH)_2 + 2OH^- \rightarrow [Zn(OH)_4]^{2-}$$

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مع وفرة من محلول الأمونيا يذوب الراسب ويتكون أيون رباعي أمين الزنك (II) $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$

$$Zn(OH)_2 + 4NH_3 \rightleftharpoons [Zn(NH_3)_4]^{2+} + 2OH^-$$

عند إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين خلاله. يتكون راسب أبيض من كبريتيد الزنك ZnS

٤. القصدير Sn والرصاص Pb

(أ) عنصري القصدير و الزنك:

- ينتميان إلى المجموعة 14 من الجدول الدوري وتحتوي ذرة كل منهما على أربعة إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي.
- يتفاعل الفلزان في ظروف مناسبة مع الأحماض والقواعد القوية.

(ب) بعض مركبات القصدير والرصاص:

- كلوريد القصدير II ($SnCl_2$): عامل مختزل قوي.
- أكسيد الرصاص IV (PbO_2): عامل مؤكسد، ويشارك في تفاعلات القطب الموجب في بطارية الرصاص الحمضية أثناء التفريغ.
- تفاعل الرصاص بطيئًا أو محدودًا مع حمض الهيدروكلوريك وحمض الكبريتيك المخفف؛ بسبب تكوّن طبقة شحيحة الذوبان على سطحه من كلوريد الرصاص II ($PbCl_2$) و كبريتات الرصاص II ($PbSO_4$) على الترتيب تعزل الطبقة المتكونة سطح الفلز جزئيًا عن الحمض.

(جـ) تفاعلات أيون الرصاص (II):

أيون الرصاص II (Pb^{2+}) تكون رواسب مع عدد من الأيونات السالبة ومن مركبات الرصاص القابلة للذوبان نسبيًا:

- نترات الرصاص (II) $Pb(NO_3)_2$
- خلات الرصاص (II) $Pb(CH_3COO)_2$

أما كلوريد الرصاص (II)، ($PbCl_2$) شحيح الذوبان في الماء البارد وتزداد ذوبانيته في الماء الساخن.

تفاعلات التسريب، وألوان أيونات الرصاص الثنائي (Pb^{2+})

+ Kl	+ K_2CrO_4	+ H_2SO_4	كمية قلقلة NaOH**	+ NH_3	+ H_2S	+ HCl	
PbI_2 (أصفر)	$PbCrO_4$ (أصفر)	$PbSo_4$ (أبيض)	$Pb(OH)_4$ (أبيض)	$Pb(OH)_4$ (أبيض)	PbS (أسود)	$PbCl_2$ (أبيض)	Pb^{2+} (محلول عديم اللون)

تطبيق حياتي: أواني الضغط:

لماذا تُعتبر أواني الطهي المصنوعة من الألومنيوم آمنة؟

يتفاعل الألومنيوم بسهولة مع الأحماض والقلويات.

فلماذا لا يتلف إناء الطهي الخاص بك؟

لأن الألومنيوم يُشكّل فورًا طبقة رقيقة من أكسيد الألومنيوم (Al_2O_3) تحمي المعدن الموجود أسفلها.

تُعزى هذه الطبقة الواقية من الأكسيد إلى:

- ✓ مقاومة التآكل
- ✓ خفة وزن الطائرات
- ✓ علب الطعام
- ✓ الهواتف الذكية

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مثال:

أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) حدد الأرقام أو الكلمات المناسبة للأقواس (A) و (F)، والصيغ الكيميائية للأقواس المربعة [B و C و D و E] في النص التالي.

الألومنيوم عنصر من العناصر الرئيسية ينتمي إلى المجموعة (A) في الجدول الدوري، ويتفاعل هذا العنصر مع حمض الهيدروكلوريك، مولِّداً الهيدروجين ومذاباً ليكون [B]. وعند إضافة محلول الأمونيا المائي إلى محلول [B]، يتكون راسب من [C]. وعند إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى [C]، يذوب ليصبح [D]. كما أنه عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى [C]، يذوب ليصبح [E]. يُسمى الهيدروكسيد الذي يذوب في كل من الأحماض والقواعد القوية، مثل [C]، بـ (F).

(ب) حدد الصيغ الكيميائية لـ (A) و(B) و(C) في النص التالي.

يتفاعل الزنك العنصري Zn مع الأحماض والقواعد القوية على حد سواء لتكوين (A). وعند إضافة كمية صغيرة من محلول الأمونيا المائي إلى محلول مائي يحتوي على أيونات الزنك Zn^{2+}، يتكون راسب أبيض من (B). علاوة على ذلك، عند إضافة محلول الأمونيا المائي، يتكون أيون مركب يمثله (C).

(جـ) حدد الأرقام أو المصطلحات المناسبة لـ (A) إلى (E) في النص التالي.

اذكر أسماء المواد المحددة لـ (د) و(هـ).

القصدير والرصاص عنصران ينتميان إلى المجموعة (أ) من الجدول الدوري، ولهما (ب) إلكترونات تكافؤ. تتفاعل العناصر (جـ) في المحاليل المائية للأحماض والقواعد القوية، ولكن في حالة الرصاص، يصعب إذابته لأنه يشكل أملاحًا ضعيفة الذوبان

(د) حدد الأرقام أو المصطلحات المناسبة لـ (أ) إلى (هـ) في المقطع التالي.

اذكر أسماء مواد محددة لـ (D) و(E).

القصدير والرصاص عنصران ينتميان إلى المجموعة (A) من الجدول الدوري، ولهما (B) إلكترونات تكافؤ. تتفاعل العناصر (C) في المحاليل المائية للأحماض والقواعد القوية، ولكن في حالة الرصاص، يصعب إذابته لأنه يشكل أملاحًا ضعيفة الذوبان من (D) في حمض الهيدروكلوريك و(E) في حمض الكبريتيك المخفف

الشرح

(أ) A: 13

B: اكتب المعادلة الكيميائية لتفاعل الألومنيوم مع حمض الهيدروكلوريك.

$$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$$

الإجابة: كلوريد الألومنيوم $AlCl_3$

C: عند إضافة الأمونيا إلى محلول مائي يحتوي على أيونات الألومنيوم (مثل $AlCl_3$)، يتكون راسب أبيض من هيدروكسيد الألومنيوم.

الإجابة: $Al(OH)_3$

D: اكتب المعادلة الكيميائية لتفاعل هيدروكسيد الألومنيوم مع حمض الهيدروكلوريك.

$$Al(OH)_3 + 3HCl \rightarrow AlCl_3 + 3H_2$$

الإجابة: $AlCl_3$ (Al^{3+})

E: اكتب المعادلة الكيميائية لتفاعل هيدروكسيد الألومنيوم مع هيدروكسيد الصوديوم.

الإجابة: $Na[Al(OH)_4]$ ($[Al(OH)_4]^-$)

F : هيدروكسيد أمفوتيري

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ب) C: $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ B: $Zn(OH)_2$ A: H_2

(جـ) A: 14 B: 4 C: تذوب D: كلوريد الرصاص II E: كبريتات الرصاص II

فكّر كعالم كيمياء:

يحتوي ماء صرف صناعي على أيونات الألومنيوم. أضاف الفني هيدروكسيد الصوديوم، فتكون راسب أبيض، لكنه أضاف كمية كبيرة منه دون قصد، فاختفى الراسب.

١. لماذا اختفى الراسب؟

.....

٢. ما الأيون المعقد الذي تكوّن؟

.....

٣. لماذا يجب ضبط كمية هيدروكسيد الصوديوم في معالجة المياه؟

.....

حاول بنفسك:

اجب عن الأسئلة الآتية:

١. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه:

عندما يخضع المركب النقي (A)، الذي يتم الحصول عليه عن طريق المعالجة الكيميائية لـ(B)، وهو خام للألومنيوم، بعملية التحليل الكهربائي للملح المنصهر، يتم الحصول على عنصر الألومنيوم. وعندما يتفاعل الألومنيوم مع حمض الهيدروكلوريك، فإنه يذوب ويتصاعد (C) ويتكون محلولًا مائيًا من (D) كذلك، عند إضافة محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم تدريجيًا إلى محلول مائي يحتوي على Al^{3+}، يتكون أولًا راسب جيلاتيني أبيض من (E)، ولكن عند إضافة وفرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي، يذوب هذا الراسب نتيجة لتكون (F)، مما ينتج عنه محلول مائي عديم اللون وشفاف.

(أ) حدد المصطلحات المناسبة لـ(A) إلى (D)، والصيغ الكيميائية لـ(E) و(F).

(ب) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الموضح في الجزء الذي تحته خط.

(ج) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل بين (E) وحمض الهيدروكلوريك.

(د) اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل بين (E) وهيدروكسيد الصوديوم.

٢. حدد المصطلح المناسب لـ(A) والصيغ الكيميائية لـ[B] و[ج] في النص التالي.

عند إضافة كمية صغيرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى محلول مائي يحتوي على أيونات الزنك Zn^{2+}، يتكون راسب من $Zn(OH)_2$ بلون (A)، ولكن عند إضافته بكمية زائدة، فإنه يذوب ويتكون الأيونالمتراكب [B]. كذلك، عند إضافة محلول مائي من الأمونيا إلى $Zn(OH)_2$، فإنه يذوب و يتكون الأيون المتراكب [C].

٣. حدد المصطلح المناسب لـ(A) والصيغ الكيميائية لـ[B] و[C] لإكمال النص التالي.

الرصاص فلز (A) يذوب في المحاليل المائية للأحماض والقواعد القوية ولكن الفلز الصلب ضعيف الذوبان في حمض الكبريتيك المخفف وحمض الهيدروكلوريك المخفف. ويرجع ذلك إلى أن المواد ضعيفة الذوبان المتمثلة في [B] في حمض الكبريتيك المخفف و[C] في حمض الهيدروكلوريك المخفف تتكون على سطح العنصر.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

التحديات الكبرى:

المخلفات الإلكترونية على الألومنيوم والزنك والنحاس والذهب وفلزات أخرى.

صمم تصورًا كيميائيًا أوليًا لفصل الألومنيوم مستفيدًا من سلوكه الأمفوتيري.

فكر في:

١. ما الكاشف الذي يمكن استخدامه لإذابة الألومنيوم في صورة ألومينات؟

٢. لماذا قد يذوب الألومنيوم بينما تبقى بعض الفلزات الأخرى؟

٣. كيف يمكن استرجاع هيدروكسيد الألومنيوم من المحلول؟

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. عند معالجة هيدروكسيد الألومنيوم بوفرة من هيدروكسيد الصوديوم، أي الأيونات يتكون؟

(أ) Al^{3+} (ب) Al_2O_3 (جـ) $[Al(OH)_4]^-$ (د) $AlCl_3$

٢. يختفي الراسب الأبيض عند إضافة وفرة من الأمونيا إلى محلول يحتوي على أيونات الزنك. ما الأيون المعقد الناتج؟

(أ) $[Zn(OH)_4]^{2-}$ (ب) $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ (جـ) $ZnCl_2$ (د) ZnO

٣. قرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة أدناه:

يُستخلص الألومنيوم عن طريق التحليل الكهربي (A) الأكسيد المستخلص من الخام (B)، وهو فلز (C) متردد يذوب في المحاليل المائية لكل من الأحماض والقواعد القوية، منتجاً غاز الهيدروجين. وعند إضافة كمية قليلة من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى محلول مائي يحتوي على أيونات الألومنيوم Al^{3+}، يتكون راسب أبيض (I)، ولكن عند إضافته بزيادة، يذوب هذا الراسب ويتكون محلولاً عديم اللون (II).

(أ) حدد المصطلحات المناسبة للفراغات من (A) إلى (C)

(ب) اكتب المعادلات الكيميائية للتفاعلات التالية:

(i) تفاعل الألومنيوم مع حمض الهيدروكلوريك المخفف.

(ii) تفاعل الألومنيوم مع محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي.

(جـ) اكتب الصيغة الكيميائية للمادة الموجودة في الجزء الذي تحته خط (I)

(د) اكتب الصيغة الكيميائية للأنيون الموجود في محلول الجزء الذي تحته خط (II)

٤. حدد المصطلحات أو الأرقام المناسبة للفراغين (i) و (iii)، والصيغ الكيميائية للفراغات (ii) و (iv) و (v) لتكملة النص التالي:

يُعد الخارصين (الزنك) عنصراً ينتمي إلى المجموعة (i) في الجدول الدوري. وعند احتراق الخارصين في الهواء، ينتج (ii) ويُعد هذا العنصر فلزاً (iii) ، حيث يذوب في كل من حمض الهيدروكلوريك ومحلول هيدروكسيد الصوديوم المائي منتجاً غاز الهيدروجين. وعند إضافة محلول النشادر (الأمونيا) إلى محلول مائي يحتوي على أيونات الخارصين، يتكون راسب أبيض من (iv) علاوة على ذلك، عند إضافة المزيد من محلول النشادر، يذوب الراسب ويتكون أيون متراكب (v)

٥. اختر العبارتين غير الصحيحتين:

(أ) يعمل كلوريد القصدير (II) عاملًا مختزلًا.

(ب) كبريتات الرصاص (II) شديدة الذوبان في حمض الكبريتيك المخفف.

(جـ) يعمل أكسيد الرصاص (IV) عاملًا مؤكسدًا.

(د) القصدير والرصاص من العناصر الانتقالية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٩-٣ – العناصر الانتقالية ومركباتها (١):
الحديد والنحاس والفضة

مقدمة

إذا تُركت دراجة في الهواء الرطب عدة أسابيع، يتحول سطح الحديد اللامع تدريجيًا إلى طبقة بنية محمرة من الصدأ. وفي المختبر، يستطيع الكيميائي إضافة كواشف محددة إلى محلول مجهول، ثم الاستدلال من لون المحلول أو الراسب على الأيون الفلزي الموجود فيه.

وعلى الرغم من أن الحديد والنحاس والفضة فلزات، فإن لكل منها سلوكًا مختلفًا يرتبط بتركيبه الإلكتروني وحالات تأكسده وخواص مركباته.

سوف تستكشف كيف يستخدم الكيميائيون تغيرات اللون، وتفاعلات الترسيب، وتكوين الأيونات المعقدة للكشف عن بعض أيونات الفلزات، وكيف ترتبط هذه الفلزات بالهندسة والطب والتحليل البيئي.

؟ سؤال توجيهي: لماذا تعطي أيونات العناصر الانتقالية المختلفة ألوانًا وتفاعلات مميزة؟

الاستكشاف

تأمل الملاحظات اليومية الآتية:

- يتكون على بوابة حديدية قديمة صدأ بني محمر.
- تتكون على بعض الأسطح النحاسية طبقة خضراء بمرور الزمن.
- تتحول بعض المشغولات الفضية تدريجيًا إلى اللون الأسود.

ناقش قبل دراسة الدرس:

١. لماذا تتغير ألوان الفلزات بطرائق مختلفة؟

.....

٢. لماذا لا تتآكل جميع الفلزات بالمعدل نفسه أو بالطريقة نفسها؟

.....

٣. كيف يستطيع الكيميائي الكشف عن أيونات هذه الفلزات في المحاليل؟

.....

تعلم

١. الحديد Fe:

(أ) أيونات الحديد : أيون الحديد II (Fe^{2+}) وأيون الحديد III (Fe^{3+})

– يتأكسد أيون الحديد II (Fe^{2+}) إلى أيون الحديد III (Fe^{3+})

(ب) تفاعلات أيونات الحديد في المحاليل المائية: تختلف التفاعلات بين (Fe^{2+}) و (Fe^{3+})

(إضافة محلول مائي وتغير اللون)

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- تمتلك كثير من العناصر الانتقالية أكثر من حالة تأكسد.
- كثير من أيونات العناصر الانتقالية ومركباتها ملونة.
- تساعد ألوان الرواسب ومحاليل المتراكبات على الكشف النوعي عن الأيونات.
- قد يؤدي تغير حالة التأكسد أو الليجندات المحيطة بالأيون إلى تغير اللون.

المفاهيم الأساسية:

- العناصر الانتقالية
- حالات التأكسد
- الأكسدة والاختزال
- الروابط التناسقية
- الأيونات المعقدة
- الترسيب
- التحليل النوعي

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تفاعلات أيونات الحديد في المحاليل:

الكواشف المضافة	$NaOH, NH_3$	H_2S	$K_4[Fe(CN)_6]$	$K_3[Fe(CN)_6]$	(KSCN)
محلول مائي يحتوي على Fe^{2+}	راسب أبيض مخضر	راسب أسود	رأسب أبيض مزرق	رأسب أزرق داكن	لا يحدث تغيير
محلول مائي يحتوي على Fe^{3+}	راسب بني محمر	راسب أسود	رأسب أزرق داكن	محلول بني	محلول أحمر دموي

• عند إضافة محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم NaOH أو محلول مائي من الأمونيا NH_3 إلى محلول مائي يحتوي على Fe^{2+}، يتكون راسب من هيدروكسيد الحديد II $Fe(OH)_2$

$$Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2\downarrow$$.

• عند إضافة محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم NaOH أو محلول مائي من الأمونيا NH_3 إلى محلول مائي يحتوي على Fe^{3+}، يتكون راسب من هيدروكسيد الحديد III

لا يمكن تمثيل هيدروكسيد الحديد (III) بصيغة كيميائية واحدة.

تنبأ:

بدون إجراء التجربة، تنبأ بما سيحدث. يضيف كيميائي محلول هيدروكسيد الصوديم بشكل منفصل إلى:

• محلول Fe^{2+} • محلول Fe^{3+} • محلول Cu^{2+} • محلول Ag^+

أكمل الجدول:

التنبؤ	أيون الفلز
.....	Fe^{2+}
.....	Fe^{3+}
.....	Cu^{2+}
.....	Ag^+

٢. النحاس (Cu):

(أ) تفاعلات النحاس Cu:

• يؤدي تسخين النحاس في الهواء إلى تكوين أكسيد النحاس (II) الأسود (CuO)

• يؤدي إذابة النحاس في حمض الكبريتيك المركز الساخن إلى تكوين كبريتات النحاس II (CuSO4)

(ب) تفاعلات أيون النحاس Cu^{2+} II

• تؤدي إضافة محلول مائي قاعدي إلى تكوين راسب أبيض مائل إلى الزرقة من هيدروكسيد النحاس $Cu(OH)_2$.

$$Cu^{2+} + 2OH^- \rightarrow Cu(OH)_2$$

• يؤدي إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين في المحلول إلى تكوين كبريتيد النحاس II (CuS)

التصورات الخطأ:

مفهوم خاطئ:

✗ ماء الجير والحجر الجيري هما المادة نفسها.

التصحيح:

✓ ماء الجير الرائق هو محلول هيدروكسيد الكالسيوم.
الحجر الجيري هو كربونات الكالسيوم الصلبة.

الكيمياء من أجل الاستدامة

تسهم مركبات لكالسيوم في التنمية المستدامة من خلال:
- معالجة مياه الشرب.
- معادلة التربة الحمضية.
- دعم مواد البناء الصديقة للبيئة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(جـ) تفاعلات هيدروكسيد النحاس $Cu(OH)_2(II)$

- عند إضافة وفرة من محلول مائي للأمونيا: تتكون أيونات رباعي أمين النحاس $[Cu(NH_3)_4]^{2+}(II)$، مما ينتج عنه محلول مائي أزرق غامق.

$$Cu(OH)_2 + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+} + 2OH^-$$

- التسخين: يتحلل $Cu(OH)_2$ لينتج أكسيد النحاس (II) الأسود (CuO)
- الذوبان في حمض الكبريتيك المخفف أو حمض الهيدروكلوريك: تتكون أيونات النحاس $Cu^{2+}II$

فكّر كمهندس:

تُستخدم أنابيب النحاس في بعض شبكات المياه؛ لأنها قد تقاوم التآكل أكثر من الحديد في ظروف معينة.

قيّم مدى صلاحية النحاس باستخدام المعايير الآتية:

- طبيعة ماء الشرب ودرجة حموضته.
- معدل التآكل.
- احتمال انتقال أيونات النحاس إلى الماء.
- العمر التشغيلي.
- تكلفة التركيب والصيانة.
- توافر البدائل.

٣. الفضة (Ag):

(أ) تفاعل أيون الفضة Ag^+:

- **إضافة محلول مائي قاعدي:** يتكون راسب بني اللون من **أكسيد الفضة Ag_2O**.

$$2Ag^+ + 2OH^- \rightarrow Ag_2O\downarrow + H_2O$$

عند إضافة المزيد من محلول الأمونيا :يذوب أكسيد الفضة ويتكون أيون ثنائي أمين الفضة (I) عديم اللون:

$$Ag_2O + 4NH_3 + H_2O \rightleftharpoons 2[Ag(NH_3)_2]^+ + 2OH^-$$

- عند إمرار غاز كبريتيد الهيدروجين يتكون راسب أسود من كبريتيد الفضة Ag_2S

يتكون راسب أسود من كبريتيد الفضة:

$$2Ag^+ + S^{2-} \rightarrow Ag_2S\downarrow$$

(ب) هاليدات الفضة: مركبات الفضة والهالوجينات (I، Br، Cl). تتكون عن طريق تفاعل أيونات الفضة مع أيونات الهاليد.

المركب	الصيغة	اللون
كلوريد الفضة	$(AgCl)$	أبيض
بروميد الفضة	$(AgBr)$	كريمي أو أصفر باهت
يوديد الفضة	(AgI)	أصفر

(الجدول 3-9-1)

تتحلل هاليدات الفضة عند تعرضها للضوء، ويتكون فلز الفضة.

مثال: $2AgBr \xrightarrow{light} 2Ag + Br_2$

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

تطبيق حياتي: التصوير الفوتوغرافي:

استُخدمت هاليدات الفضة الحساسة للضوء في الأفلام الفوتوغرافية؛ إذ يؤدي تعرضها للضوء إلى تكوّن صورة كامنة، ثم تظهر الصورة خلال عمليات الإظهار والتثبيت الكيميائي.

وعلى الرغم من انتشار التصوير الرقمي، لا تزال هذه التفاعلات مثالًا مهمًّا للكيمياء الضوئية، كما تُستخدم في تطبيقات تصوير متخصصة.

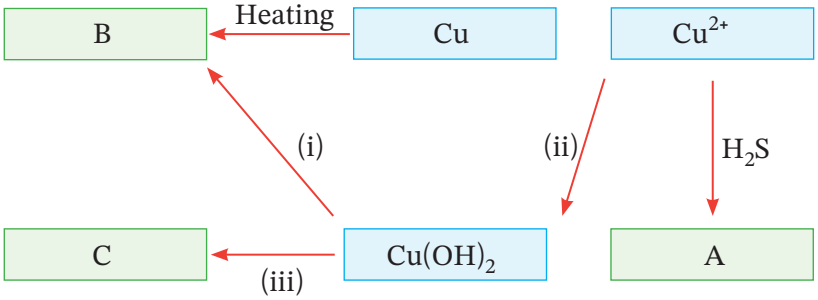
مثال:

أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) حدد الصيغ الكيميائية الصحيحة لـ (A)، و(B)، و(C) في النص التالي:

عند إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى الحديد، يذوب الحديد مع غاز الهيدروجين، مما ينتج عنه كاتيون يرمز له بـ (A). يتأكسد هذا الأيون بفعل فوق أكسيد الهيدروجين ليصبح أيونًا يرمز له بـ (B). ويمكن التأكد من تكوّن (B) من خلال تحول لون المحلول المائي إلى اللون الأحمر الداكن عند إضافة محلول مائي من (C) إليه.

(ب) أجب عن الأسئلة التالية استنادًا إلى الشكل الذي يوضح تفاعلات النحاس ومركباته.



(I) حدد الصيغ الكيميائية للمواد A و B و C. لاحظ أن C هو أيون متراكب.

(II) اختر المادة الكيميائية أو الإجراء الأنسب من (أ) إلى (هـ) من الخيارات أدناه. يمكن استخدام كل خيار مرة واحدة فقط.

(أ) التسخين (ب) O_2 (جـ) H2 (د) NH_3 (هـ) NaOH

الشرح

(أ) C: KSCN B: Fe^{3+} A: Fe^{2+}

(ب) (I) A: عند إمرار كبريتيد الهيدروجين عبر محلول مائي يحتوي على أيونات النحاس (II)، يتكون راسب من كبريتيد النحاس (II). الإجابة: CuS

B: يؤدي تسخين النحاس إلى تكوين أكسيد النحاس (II). الإجابة: CuO

C: الأيون المتراكب الناتج عن التفاعل مع هيدروكسيد النحاس (II) هو أيون النحاس (II) رباعي الأمين. الإجابة: $[Cu(NH_3)_4]^{+2}$

(i) (II): يؤدي تسخين هيدروكسيد النحاس (II) إلى تكوين أكسيد النحاس (II).

(ii): تؤدي إضافة محلول قاعدي مائي إلى محلول مائي يحتوي على أيونات النحاس (II) إلى تكوين راسب من هيدروكسيد النحاس (II).

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(iii): تؤدي إضافة كمية زائدة من محلول الأمونيا المائي إلى هيدروكسيد النحاس (II) إلى تكوين أيونات رباعي أمين النحاس (II). وبالتالي، وبما أن محلول الأمونيا المائي NH_3 يتوافق مع (iii)، فإن NaOH، وهو محلول القاعدة المائي المتبقي، يتوافق مع (ii).

بناءً على ما سبق، (i): أ (ii): هـ (iii): د

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أضيف محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى محلول يحتوي على (Fe^{2+})، ما هي المشاهدة المتوقعة؟

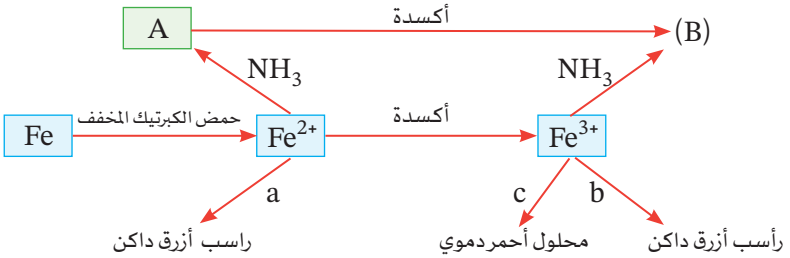
(أ) يتكون راسب أخضر. (ب) يتكون محلول أزرق داكن.

(جـ) يتكون محلول بني. (د) لا يحدث تغير مرئي.

٢. أعطى محلول لونًا أحمر دمويًا عند إضافة ثيوسيانات البوتاسيوم. أي الأيونات التالية يوجد في المحلول؟

(أ) (Fe^{2+}) (ب) (Fe^{3+}) (جـ) (Cu^{2+}) (د) (Ag^{+})

٣. أجب عن الأسئلة التالية استنادًا إلى المخطط التوضيحي الذي يوضح تفاعلات الحديد ومركباته.



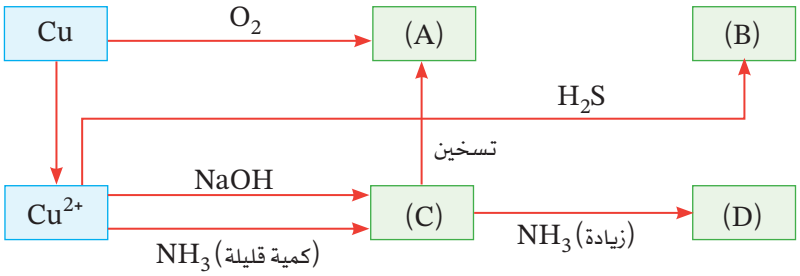
(أ) حدد الصيغة الكيميائية ولون المادة «A».

(ب) حدد لون المادة «B».

(جـ) اختر الكاشف المناسب للخطوات (A) و(B) و(C) من القائمة (i) إلى (v):

KCl (i) $KSCN$ (ii) $NaOH$ (iii) $K_3[Fe(CN)_6]$ (iv) $K_4[Fe(CN)_6]$ (v)

4. أجب عن الأسئلة التالية استنادًا إلى المخطط التوضيحي التالي:



(أ) حدد الصيغ الكيميائية للمركبات من (A) إلى (C).

(ب) حدد اسم الصيغة الكيميائية للأيون المتراكب الموجود في المحلول (D).

5. حدد الصيغ الكيميائية والألوان للمواد (A) و(B) و(C) بناءً على التجارب التالية:

التجربة الأولى: عند إضافة محلول مائي من كلوريد الصوديوم إلى محلول مائي من نترات الفضة، نتج الراسب (A).

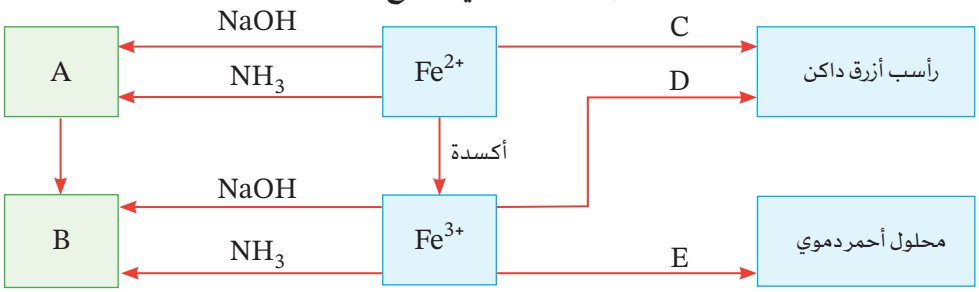
التجربة الثانية: عند تعريض الراسب (A) للضوء، تحلل لينتج جزيئات دقيقة من (B).

التجربة الثالثة: عند إضافة كمية كبيرة من محلول الأمونيا المائي إلى الراسب (A)، نتج الأيون المركب (C).

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

1. أجب عن الأسئلة التالية بناءً على المخطط الذي يوضح تفاعلات الحديد ومركباته:



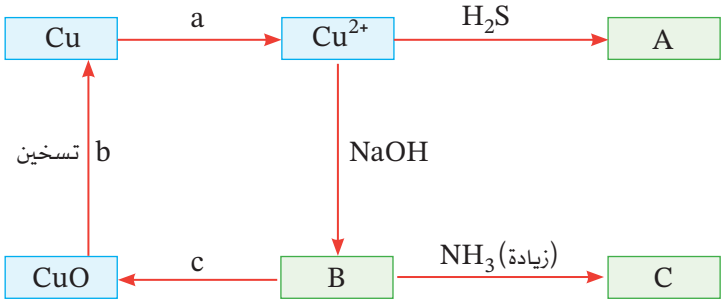
(أ) اذكر الصيغة الكيميائية ولون الراسب «A».

(ب) اذكر اسم ولون الراسب «B».

(جـ) اختر الكاشف المناسب للخطوات «C» و«D» و«E» من الخيارات التالية (i) إلى (iv)

$K_3[Fe(CN)_6]$ (iv) KCl (iii) $K_4[Fe(CN)_6]$ (ii) KSCN (i)

2. يوضح المخطط التالي تفاعلات النحاس ومركباته. أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) حدد الصيغ الكيميائية للمواد «A» و«B» و«C». لاحظ أن «C» هو أيون متراكب.

(ب) اختر الكاشف أو العملية المناسبة للخطوات (A) و(B) و(C) من بين الخيارات التالية (i) إلى (v).

Heating (v) HNO_3 (iv) HCl (iii) O_2 (ii) H_2 (i)

٣. عند إضافة محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم، وحمض الهيدروكلوريك المخفف، ومحلول مائي من بروميد البوتاسيوم، ومحلول مائي من كبريتيد الهيدروجين إلى محلول مائي من نترات الفضة، نتجت الرواسب A و B و C و D على التوالي. حدد الصيغ الكيميائية وألوان الرواسب A و B و C و D.

تحدَّ تفكيرك:

عثر خبير أدلة جنائية على محلول عديم اللون يُحتمل أن يحتوي على أيونات الكلوريد. وعند إضافة نترات الفضة تكوّن راسب أبيض، ثم أصبح الراسب داكنًا بعد تعرضه لضوء الشمس.

١. ما مركب الفضة الذي تكوّن على الأرجح؟

.....

٢. لماذا أصبح لون الراسب داكنًا بعد تعرضه للضوء؟

.....

٣. ما الخاصية التي جعلت هاليدات الفضة مناسبة للتصوير الفوتوغرافي التقليدي؟

.....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٣-١٠ — العناصر الانتقالية ومركباتها (٢):
(الذهب والكروم والمنجنيز)

مقدمة

ارتبط الذهب بالحضارة المصرية منذ آلاف السنين، وتشهد على ذلك كنوز مصر القديمة، ومنها قناع الملك توت عنخ آمون الذي ما زال محتفظًا ببريقه. وفي العصر الحديث، يُستخدم الذهب بكميات دقيقة في الموصلات الإلكترونية داخل الهواتف وأجهزة الحاسوب؛ لما يتميز به من توصيل جيد ومقاومة كبيرة للتآكل.

أما مركبات الكروم والمنجنيز، فتتميز كثير منها بألوان واضحة تتغير أثناء التفاعلات الكيميائية؛ ولذلك يمكن الاستفادة منها في التحليل الكيميائي وبعض التطبيقات الصناعية والبيئية.

سوف تستكشف كيف تحدد خواص الذهب والكروم والمنجنيز استخداماتها، وكيف تكشف تغيرات اللون عن تغير حالات التأكسد والاتزان الكيميائي.

سؤال توجيهي: كيف يستخدم الكيميائيون تغيرات اللون والتفاعلات الكيميائية للكشف عن المواد وتفسير سلوكها؟

الاستكشاف

أجب قبل دراسة الدرس:

١. لماذا لا يصدأ الذهب بالطريقة التي يصدأ بها الحديد؟

.....

٢. لماذا تتغير ألوان بعض مركبات الكروم والمنجنيز عند حدوث تفاعلات الأكسدة والاختزال؟

.....

٣. ما المعلومات التي يمكن أن يقدمها تغير لون المحلول أثناء التفاعل؟

.....

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- كثير من مركبات العناصر النتقالية لها ألوان مميزة.
- قد يتغير لون المركب بتغير حالة تأكسد العنصر

المفاهيم الأساسية:

- الفلزات النبيلة
- الأكسدة والاختزال
- حالة التأكسد
- الاتزان الكيميائي
- العوامل المؤكسدة
- الأيونات المتراكبة
- العناصر الانتقالية

تعلم

ترتبط مصر، البلد الذي تعيش فيه، ارتباطًا وثيقًا بالذهب يعود إلى العصور القديمة.

بدءًا من القناع الذهبي لتوت عنخ آمون، الذي لا يزال يحتفظ بلمعانه بعد آلاف السنين، ما هي الخصائص المميزة التي يتمتع بها الذهب؟

١. الذهب (Au):

اكتشافه وخصائصه الفيزيائية:

يوجد الذهب (Au) في حالته العنصرية، غير مرتبط بعناصر أخرى، كما هو الحال في الذهب الغريني (غبار الذهب).

- **الليونة والمرونة:** يتمتع بأعلى درجة من الليونة (القدرة على التمدد لتشكيل صفائح رقيقة) والمرونة (القدرة على سحبه لتشكيل أسلاك دقيقة) بين جميع المعادن. ونظرًا لهذه القابلية العالية جدًّا للتشكيل، فإنه يُستخدم على نطاق واسع، بدءًا من الحلي القديمة وصولًا إلى تكنولوجيا النانو الحديثة.
- **الموصلية:** وهو موصِّل ممتاز للكهرباء والحرارة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

• **اللمعان والتطبيقات:** يتمتع بلمعان ذهبي جميل وهو مقاوم جدًّا للأكسدة (أي أنه لا يصدأ)، مما يجعله مفيدًا للغاية. وبسبب هذه الخصائص الفائقة، يُعد الذهب معدنًا لا غنى عنه في صناعة الإكسسوارات والحلي بالإضافة إلى كونه مادة تُستخدم في الأجهزة الإلكترونية الدقيقة مثل الهواتف المحمولة وأجهزة الكمبيوتر.

الاستقرار الكيميائي (معدن نبيل)

•يتميز الذهب بتفاعل كيميائي منخفض جدًّا، مما يجعله مستقرًا كيميائيًّا. ولهذا السبب، فإنه لا يذوب في الأحماض شديدة القوة مثل حمض النيتريك أو حمض الكبريتيك المركز الساخن.

• ومع ذلك، فإنه يذوب في خليط خاص من حمض النيتريك المركز وحمض الهيدروكلوريك المركز يُسمى «الماء الملكي» (Aqua Regia). في «الماء الملكي»، يتأكسد الذهب ويشكل أيونًا مركبًا مستقرًا، مما يسمح لهذا الخليط بإذابة الذهب، على الرغم من أن الذهب يعد أحد أكثر المعادن استقرارًا.

2. الكروم (Cr):

(أ) مركبات الكروم

١. كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4

• عند إذابته في الماء، ينتج **أيونات الكرومات الصفراء** $\mathbf{CrO_4^{2-}}$.

٢. ثنائي كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$

• عند إذابته في الماء، تنتج أيونات ثنائي الكرومات **ذات اللون الأحمر المائل إلى البرتقالي** $Cr_2O_7^{2-}$.

تنبأ:

أضيفت قطرات من حمض الكبريتيك المخفف إلى محلول أصفر من كرومات البوتاسيوم.

ما الملاحظة المتوقعة؟

• يبقى المحلول أصفر.

• يتحول المحلول إلى اللون البرتقالي.

• يتكون راسب.

فسّر توقعك.

.....

(ب) أيون الكرومات CrO_4^{2-} وأيون ثنائي الكرومات $Cr_2O_7^{2-}$:

• تتفاعل أيونات الكرومات مع أيونات الفضة Ag^+، وأيونات الرصاص Pb^{2+} (II)، وأيونات الباريوم Ba^{2+} لتكوين رواسب ملونة في جميع الحالات.

اسم الراسب	اللون
كرومات الفضة (Ag_2CrO_4)	أحمر آجري أو بني محمر
كرومات الرصاص (II) ($PbCrO_4$)	أصفر
كرومات الباريوم ($BaCrO_4$)	أصفر

الجدول 3-10-1 (الرواسب الناتجة عن أيونات الكرومات)

• عندما يتم تحمض محلول مائي يحتوي على أيونات الكرومات، تتكون أيونات ثنائي الكرومات. وعندما يصبح المحلول قاعديًّا، تعود هذه الأيونات إلى أيونات الكرومات

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

• تعمل أيونات ثنائي كرومات كعوامل مؤكسدة قوية في المحاليل المائية الحمضية، مما ينتج عنه أيونات الكروم (III) ذات اللون الأخضر الداكن Cr^{3+}.

$$\underset{\text{(أصفر)}}{CrO_4^{2-}} \underset{OH^-}{\overset{H^+}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{(برتقالي محمرّ)}}{Cr_2O_7^{2-}}$$

استقصاء:

استقصاء أثر تغير درجة حموضة الوسط في الاتزان بين أيونات الكرومات وثنائي الكرومات.

الأدوات:

• محلول كرومات البوتاسيوم

• حمض الكبريتيك المخفف

• محلول هيدروكسيد الصوديوم

• أنبوبان تجريبيان

• قطارة

الخطوات:

١. اسكب محلول كرومات البوتاسيوم في أنبوب اختبار.

٢. أضف بضع قطرات من حمض الكبريتيك المخفف.

٣. راقب اللون.

٤. أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم.

٥. راقب اللون مرة أخرى.

الملاحظة: .....

الاستنتاج: .....

٣. مركبات المنجنيز:

(أ) أكسيد المنجنيز (IV) MnO_2

• مسحوق أسود.

• يعمل كعامل مؤكسد في المحاليل المائية الحمضية، مما ينتج عنه أيونات المنجنيز Mn^{2+} (II)

(ب) برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$

• بلورات سوداء-أرجوانية.

• عند ذوبانه في الماء، تتكون أيونات البرمنجانات MnO_4^- ذات اللون الأحمر-الأرجواني.

• يعمل كعامل مؤكسد قوي ذو لون وردي باهت في المحاليل المائية الحمضية، مما ينتج أيونات المنجنيز Mn^{2+} (II)

مثال:

أختر العبارة غير الصحيحة من العبارات التالية:

(أ) عند إضافة محلول مائي من نترات الفضة إلى محلول مائي من كرومات البوتاسيوم، يتكون راسب بني محمر.

(ب) عند إضافة محلول مائي من أسيتات الرصاص (II) إلى محلول مائي من كرومات البوتاسيوم، يتكون راسب أصفر.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(جـ) عند إضافة كمية صغيرة من حمض الكبريتيك المخفف إلى محلول مائي من كرومات البوتاسيوم، يتحول لون المحلول المائي إلى البرتقالي المائل إلى الأحمر.

(د) أكسيد المنجنيز(IV) هو مسحوق أسود ويتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك المركز ينتج عنه الكلور.

(هـ) يذوب برمنجنات البوتاسيوم في الماء ليشكل محلولًا مائيًا أحمر-أرجواني، ويعمل كعامل اختزال قوي في المحاليل المائية الحمضية.

الشرح

(أ) توجد أيونات الكرومات CrO_4^{2-} في المحلول المائي لكرومات البوتاسيوم، وتوجد أيونات الفضة Ag^+ في المحلول المائي لنترات الفضة. تتفاعل هذه الأيونات لتنتج راسبًا بنيًّا مائلًا إلى الاحمرار من كرومات الفضة.

(ب) توجد أيونات الرصاص (II) Pb^{2+} في المحلول المائي لأسيتات الرصاص (II). تتفاعل أيونات الكرومات وأيونات الرصاص (II) لتنتج راسبًا أصفر اللون من كرومات الرصاص (II) $PbCrO_4$

(جـ) عند إضافة حمض الكبريتيك المخفف إلى محلول مائي من كرومات البوتاسيوم، يصبح المحلول المائي حمضيًا. ونتيجة لذلك، تتكون أيونات ثنائي كرومات، وبالتالي يتحول لون المحلول المائي إلى البرتقالي المائل إلى الأحمر.

(د) يعمل أكسيد المنجنيز(IV) — وهو مسحوق أسود — كعامل مؤكسد في المعادلة الحمضية:

$$MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

(هـ) يعمل برمنجنات البوتاسيوم كعامل مؤكسد قوي في المحاليل المائية الحمضية.

لذلك، الإجابة هي هـ.

فكّر ككيميائي بيئي:

قد تحتوي مياه الصرف الصناعي على مركبات للكروم.

فسّر أهمية قياس تركيز مركبات الكروم ومعالجتها قبل تصريف المياه، في ضوء:

- صحة الإنسان.
- الكائنات الحية في النظام البيئي.
- سلامة مصادر مياه الشرب.
- اختلاف خطورة حالات تأكسد الكروم.

.....

المواطنة العالمية

يدخل الذهب والكروم والمنجنيز في صناعات وتقنيات متعددة، لكن استخرج خاماتها ومعالجتها وتقنيات متعددة، لكن استخراج خامتها ومعالجتها قد يسببان أثارًا بيئية واجتماعية.

ويتطلب الاستخدام المسئول لهذه الموارد:

- رفع كفاءة الاستخراج والتصنيع.
- تقليل المخلفات السامة.
- معالجة مياه الصرف.
- تدوير الأجهزة والبطاريات.
- حماية العمال والمجتمعات القريبة من مواقع التعدين.
- تقليل الاعتماد على الأصباغ والمواد المحتوية على الكروم (Vi) والرصاص.

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

أي من العبارات التالية من (i) إلى (iv) الخاصة بالكروم والمنجنيز غير صحيحة؟

(i) يُعد كل من الكروم والمنجنيز من العناصر الانتقالية.

(ii) عند تفاعل أيونات الكرومات مع أيونات الرصاص (II)، يتكون راسب بني محمر.

(iii) تظهر أيونات البرمنجانات لونًا أحمر-أرجواني في المحاليل المائية.

(iv) ينخفض أيونات البرمنجانات بفعل فوق أكسيد الهيدروجين في المحاليل المائية الحمضية.

.....

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. لاحظ أخصائي مختبر أن محلولًا أرجواني اللون أصبح عديم اللون أثناء إجراء تجربة. ما المركب الذي يُرجح استخدامه؟

(أ) كرومات البوتاسيوم (ب) ثنائي كرومات البوتاسيوم

(جـ) برمنجنات البوتاسيوم (د) نترات الفضة

٢. أثناء تفاعل الأكسدة والاختزال، تتحول أيونات ثنائي كرومات البرتقالية إلى أيونات الكروم (III) الخضراء.

يشير هذا التغير في اللون إلى أن أيونات ثنائي كرومات:

(أ) اكتسبت إلكترونات. (ب) فقدت إلكترونات.

(جـ) تبخرت. (د) تحولت إلى غازات.

3. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه:

في المحاليل المائية الحمضية، يعمل كل من ثنائي كرومات البوتاسيوم ($K_2Cr_2O_7$)، أحد مركبات الكروم و برمنجنات البوتاسيوم ($KMnO_4$)، أحد مركبات المنجنيز كعوامل (I) قوية.

عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم المائي (A)، ثم إضافة نترات الباريوم المائية، نتج مادة راسبة (B).

(أ) حدد المصطلح المناسب للفراغ (I).

(ب) صف التغير في لون المحلول المائي الذي يحدث في الخطوة (A).

(جـ) اكتب المعادلة الأيونية الصافية للتفاعل الذي يحدث في الخطوة (A).

(د) حدد الصيغة الكيميائية ولون الراسب المتكون في الخطوة (B).

تحدَّ تفكيرك:

اختُبر محلولان عديمَا اللون باستخدام محلول ثنائي الكرومات البرتقالي في وسط حمضي:

- حوّل المحلول A اللون البرتقالي إلى الأخضر.
- لم يُحدث المحلول B تغيرًا ملحوظًا.

١. أي المحلولين يُحتمل أن يحتوي على عامل مختزل؟

.....

٢. ما الدليل المرئي الذي يدعم استنتاجك؟

.....

٣. ما التغير الذي حدث في حالة تأكسد الكروم؟

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣-١١ — تفاعلات الترسيب وفصل أيونات الفلزات

مقدمة

تسلّم أحد معامل تحليل مياه الشرب عينة قد تحتوي على عدة أيونات فلزية ذائبة. وعلى الرغم من أن العينة تبدو رائقة، إلا أنه يستطيع الكيميائي الكشف عن هذه الأيونات وفصلها بإضافة كواشف مختارة؛ فتظهر تباعًا رواسب بيضاء وسوداء وصفراء وبنية محمرة.

سوف تكتشف في هذا الدرس كيف تُستخدم تفاعلات الترسيب في الكشف عن المواد المجهولة وفصل أيونات الفلزات في المعامل البيئية والصناعية والطبية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن الكشف عن أيونات فلزية ذائبة لا نراها، وفصلها باستخدام تفاعلات كيميائية يمكن ملاحظة نتائجها؟

الاستكشاف

خُلط محلولان رائقان، فتكوّنت بعد ثوانٍ مادة صلبة صفراء.

أجب قبل دراسة الدرس:

١. لماذا تكوّنت مادة صلبة، مع أن المحلولين كانا رائقين؟

.....

٢. ما المعلومات التي يمكن أن يقدمها لون الراسب؟

.....

٣. هل يكفي لون الراسب وحده لتحديد هوية الأيون؟ ولماذا؟

.....

تعلم

تفاعلات الترسيب وفصل أيونات المعادن:

(أ) تفاعلات الترسيب:

الصيغ الكيميائية وألوان الرواسب المتكونة من أيونات وأنيونات معدنية مختلفة

(تشير علامة × إلى عدم تكوّن أي راسب)

الأيون	(Cl^-) مع	مع الكبريتيد في وسط حمضي	مع الكبريتيد في وسط قاعدي	(OH^-) مع
(Ag^+)	أبيض ($AgCl$)	أسود (Ag_2S)	أسود (Ag_2S)	بني (Ag_2O)
(Pb^{2+})	أبيض ($PbCl_2$)	أسود (PbS)	أسود (PbS)	أبيض ($Pb(OH)_2$)
(Cu^{2+})	×	أسود (CuS)	أسود (CuS)	أزرق ($Cu(OH)_2$)
(Fe^{2+})	×	×	أسود (FeS)	أخضر ($Fe(OH)_2$)
(Fe^{3+})	×	×	أسود (FeS)	راسب بني محمر من هيدروكسيد (III)
(Al^{3+})	×	×	أبيض ($Al(OH)_3$)	أبيض ($Al(OH)_3$)
(Zn^{2+})	×	×	أبيض (ZnS)	أبيض ($Zn(OH)_2$)

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- أيونات المعادن المختلفة تنتج رواسب مميزة الألوان عندما تتفاعل مع محددة الأنيونات.
- تشكل أيونات الكلوريد رواسب بيضاء مع Ag^+ و Pb^{2+}.
- شكل أيونات الكبريتيد رواسب سوداء مع Cu^{2+} و Fe^{2+} و Fe^{3+}، والأبيض يترسب مع Zn^{2+}

المفاهيم الأساسية:

- الترسيب الانتقائي
- تكوين الأيونات المعقدة
- الذوبان
- تكاثف الأيونات المعقدة

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ب) تفاعلات الترسيب مع الأنيونات الأخرى

(i) الترسيب باستخدام أيون الكرومات CrO_4^{2-}

- يعطي مع أيون Ag^+ راسب بني محمر من كرومات الفضة Ag_2CrO_4
- يعطي مع Pb^{2+} راسبًا أصفر من كرومات الرصاص (II) $PbCrO_4$

(ii) التفاعل مع أيون الفيروسيانات $[Fe(CN)_6]^{4-}$

- يتفاعل مع Fe^{3+} و يعطي راسب أزرق داكن.

توقع:

أضيف محلول نترات الفضة إلى محلول يحتوي على أيونات الكلوريد.

التوقع .....

الدليل الذي يؤكد التوقع .....

(جـ) خواص الرواسب

(i) رواسب الكلوريدات:

كلوريد الرصاص ($PbCl_2$): يذوب في الماء الساخن

كلوريد الفضة ($AgCl$): يذوب في وفرة من محلول الأمونيا نتيجة تكوّن أيون ثنائي أمين الفضة (I) $[Ag(NH_3)_2]^+$

(ii) رواسب الهيدروكسيدات:

- هيدروكسيد الرصاص (II) $Pb(OH)_2$، هيدروكسيد الألومنيوم $Al(OH)_3$، هيدروكسيد الزنك $Zn(OH)_2$: تذوب في وفرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم
أكسيد الفضة Ag_2O، هيدروكسيد النحاس $Zn(OH)_2$، $Cu(OH)_2$ هيدروكسيد الزنك : تذوب في وفرة من محلول الأمونيا.

(د) الفصل الانتقائي لأيونات الفلزات:

من خلال استخدام تفاعلات ترسيب أيونات الفلزات، يمكن فصل أيونات فلزية معينة من محلول مائي يحتوي على أيونات فلزية متعددة.

الجدول 3-11-1 (الإجراءات والمترسبات المستخدمة في فصل أيونات الفلزات)

المرحلة	الإجراء	الأيونات التي يمكن فصلها	الرواسب
1	إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف	(Ag^+, Pb^{2+})	أبيض $PbCl_2$ أبيض $AgCl$
2	مرر غاز كبريتيد الهيدروجين عبر المحلول.	(Cu^{2+}, Cd^{2+})	أسود CdS أسود CuS
3	إضافة فائض الأمونيا بعد المعالجة المناسبة	(Fe^{3+}, Al^{3+})	راسب الحديد بنى حمر $Fe(OH)_3$ ، أبيض $Al(OH)_3$
4	مرر غاز كبريتيد الهيدروجين عبر المحلول	(Zn^{2+}, Mn^{2+})	وردي باهت (MnS) أبيض (ZnS)
5	إضافة كربونات الأمونيوم المائية	(Ca^{2+}, Ba^{2+})	أبيض ($BaCO_3$) أبيض ($CaCO_3$)

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

فكر بشكل نقدي:

الفرض: لا يكفي تكوّن راسب أبيض للتعرف على الأيون الفلزي.

الدليل: يمكن أن تظهر المركبات الآتية جميعها في صورة رواسب بيضاء:

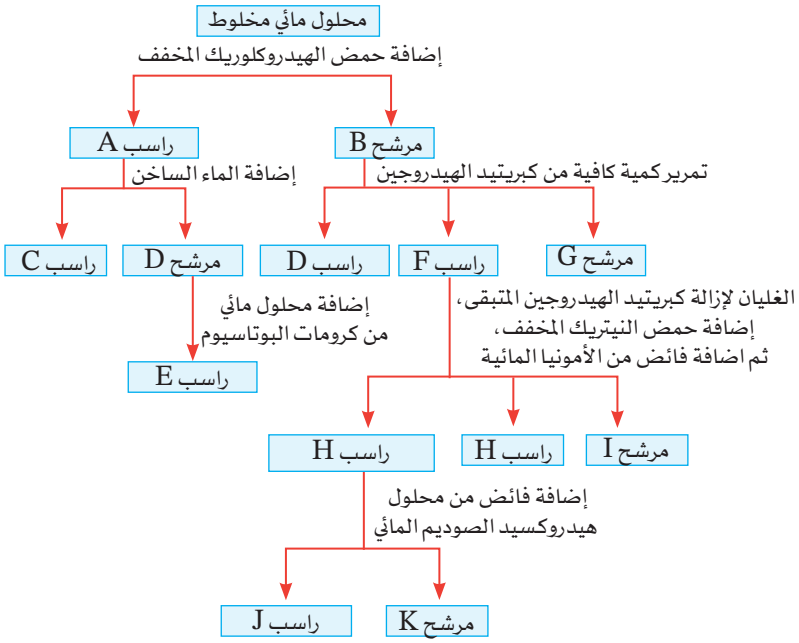
- $(AgCl)$ ، $(PbCl_2)$ ، $(Al(OH)_3)$ ، $(Zn(OH)_2)$

الاستدلال: استخدم المعلومات الواردة في هذا الدرس لتوضيح سبب ضرورة إجراء اختبارات كيميائية إضافية قبل تحديد أيون مجهول.

.....

مثال:

اعتمادًا على مخطط سير العمليات الذي يوضح عملية فصل ستة أيونات فلزية (Zn^{2+} , Pb^{2} ، Fe^{3+} ، Cu^{2+} ، Al^{3+} ، Ag^{+}) من محلول مائي مختلط، أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) حدد الصيغ الكيميائية والألوان للرواسب C و E و F. حدد اسم ولون الراسب J.

(ب) حدد الصيغ الكيميائية للأيونات المركبة التي تتكون عندما تتفاعل أيونات الفلزات في الراسب C والمرشح I مع الأمونيا.

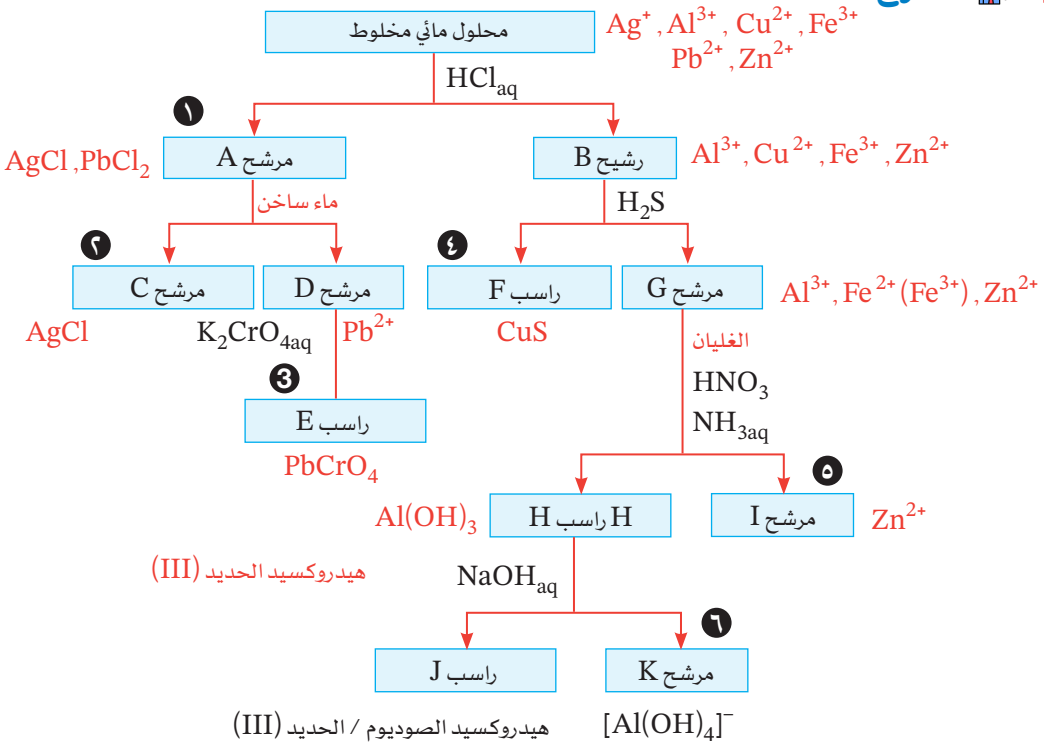
(جـ) اشرح الغرض من العملية الموضوعة تحتها خط في مخطط الفصل مرر كمية كافية من كبريتيد الهيدروجين عبره.

الراسب C المرشح D الراسب F يقوم بغلي المزيج لإزالة ما تبقى من كبريتيد الهيدروجين، ثم يضاف حمض النيتريك المخفف، الراسب H يضاف المزيد من محلول الصوديوم المائي الراسب

(د) اشرح المشكلة التي قد تحدث إذا تم عن طريق الخطأ امرار غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) عبر المحلول المائي المختلط قبل إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف (HCl).

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الشرح



تحقق من التفاعلات واحدًا تلو الآخر.

١ عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف، فإن الأيونات التي تترسب هي Ag^+ و Pb^{2+}، والصيغ الكيميائية للرواسب هي AgCl و $PbCl_2$

٢ من ١، المادة التي لا تذوب في الماء الساخن هي AgCl.

٣ عند إضافة محلول مائي من كرومات البوتاسيوم إلى المحلول المائي من $PbCl_2$ في الماء الساخن، تتفاعل أيونات Pb^{2+} وأيونات الكرومات CrO_4^{2-} الموجودة في المحلول المائي لتكوين راسب أصفر من كرومات الرصاص II $PbCrO_4$.

٤ الأيونات الموجودة في المرشح B هي Al^{3+}، Cu^{2+}، Fe^{3+}، Zn^{2+} كما أن المحلول المائي حمضي، وذلك بسبب إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف في الخطوة ١. وعند تمرير غاز كبريتيد الهيدروجين في هذه المرحلة، فإن أيون Cu^{2+} هو الذي ينتج راسبًا، والصيغة الكيميائية للراسب هي CuS.

٥ الأيونات الموجودة في المرشح G هي Al^{3+}، Fe^{2+} (Fe^{3+})، وZn^{2+} وعند إضافة محلول قاعدي مائي إلى هذه الأيونات، فإنها تنتج رواسب من $Al(OH)_3$، وهيدروكسيد الحديد (III)، $Zn(OH)_2$ على التوالي. ومن بين هذه الرواسب، فإن المركب الذي يذوب في الزيادة من الأمونيا المائية هو $Zn(OH)_2$.

٦ يذوب $Al(OH)_3$ في زيادة من محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم، في حين أن هيدروكسيد الحديد(III) لا يذوب.

(أ) (C): الصيغة الكيميائية AgCl واللون: أبيض، (E): الصيغة الكيميائية $PbCrO_4$ واللون: أصفر، (F): الصيغة الكيميائية: CuS واللون: أسود، (J): اسم المادة: هيدروكسيد الحديد(III)، اللون: بني محمر.

(ب) C: بما أن الأيون الموجود في الراسب C هو Ag^+ فإن الأيون المتراكب المتكون مع الأمونيا هو $[Ag(NH_3)_2]^+$.

I: بما أن الأيون الموجود في المرشح I هو Zn^{2+}، فإن الأيون المتراكب المتكون مع الأمونيا هو $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$

الكيمياء من أجل الاستدامة

- تحتوي العديد من الأجهزة الإلكترونية على معادن ثمينة مثل الفضة والنحاس.
- بدلاً من استخراج معادن جديدة، يمكن للصناعات استخلاص هذه المعادن من النفايات الإلكترونية باستخدام تفاعلات الترسيب.
- يساعد استخلاص المعادن على:
- تقليل نفايات التعدين
- الحفاظ على الموارد ا لطبيعية
- الحد من التلوث البيئي
- دعم الاقتصاد الدائري

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(جـ) بفعل كبريتيد الهيدروجين المضاف في ❹، تم اختزال Fe^{3+} إلى Fe^{2+}. ولإعادته إلى Fe^{3+}، يُضاف حمض النيتريك المخفف. مثال: لأكسدة Fe^{2+} إلى Fe^{3+}.

(د) سيرسب كل من Ag^{+} و Pb^{2+} على شكل كبريتيدات، مما يمنع فصلهما عن أيونات معدنية مثل Cu^{2+} ونتيجة لذلك، ستصبح الإجراءات التحليلية اللاحقة — مثل ذوبان Pb^{2+} في الماء الساخن وكشفه باستخدام الكرومات (CrO_4^{-2}) — مستحيلة.

فكّر كمهندس:

غالبًا ما يقوم المهندسون الكيميائيون بتصميم أنظمة آلية تعمل على الفصل المستمر لأيونات المعادن المذابة أثناء معالجة المياه وعمليات التعدين.

ما هي الخاصية الأكثر أهمية في الرواسب عند تصميم مثل هذا النظام؟ اشرح إجابتك.

.....

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. ما هي الخاصية التي تميز أيون Zn^{2+} عن أيون Fe^{3+} أثناء عملية الفصل؟

(أ) يذوب $Zn(OH)_2$ في الزيادة من الأمونيا

(ب) ينتج أيون Zn^{2+} راسبًا أحمر اللون.

(جـ) يذوب أيون Fe^{3+} في الأمونيا.

(د) لا ينتج أيون Fe^{3+} أي راسب.

٢. يتكون راسب أبيض بعد إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف. لماذا يُضاف الماء الساخن بعد ذلك؟

(أ) لإذابة AgCl (ب) لإذابة $PbCl_2$.

(جـ) لإذابة CuS (د) لإزالة Zn^{2+}

٣. حدد أيونات المعادن المناسبة من القائمة الموضحة (A إلى G). لكل سؤال من الأسئلة التالية:

A Ag^{+} B Cu^{2+} C Fe^{3+} D Fe^{2+}

E Al^{3+} F Pb^{2+} G Zn^{2+}

(أ) أي من أيونات الفلزات ينتج راسبًا عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف؟

(اختر كل ما يناسب)

(ب) اختر جميع أيونات الفلزات التي تنتج راسبًا عند إضافة كمية صغيرة من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي، وأجب بحروفها.

(جـ) من بين المترسبات المتكونة في (ب)، اختر كل ما يذوب عند إضافة مزيد من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي، وأجب بحروفها.

(د) من بين الرواسب المتكونة في (ب)، اختر كل ما يذوب عند إضافة مزيد من محلول الأمونيا المائي، وأجب بحروفها.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٤. أي من الأيونات التالية (A إلى G) يحقق التفاعلات المذكورة في (a) إلى (e)؟

(أ) عند إضافة محلول الأمونيا المائي، يتكون راسب أبيض مائل إلى الزرقة، وعند إضافة المزيد من محلول الأمونيا المائي، يذوب الراسب ويتكون محلول مائي أزرق غامق.

(ب) عند إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف، يتكون راسب أبيض. وعندما يتعرض هذا الراسب للضوء، يتحول لونه إلى الأسود.

(جـ) عند إضافة محلول الأمونيا المائي، يتكون راسب أبيض، وعند إضافة المزيد من محلول الأمونيا المائي، يذوب الراسب لتكوين محلول مائي عديم اللون.

(د) عند إضافة محلول مائي من هيكساسيانيدوفيرات البوتاسيوم (II)، يتكون راسب أزرق داكن.

(هـ) عند إضافة حمض الهيدروكلوريك، يتكون راسب أبيض، وعند إضافة محلول مائي من كرومات البوتاسيوم، يتكون راسب أصفر.

A Ag^{+} B Al^{3+} C Cu^{2+} D Fe^{2+} E Fe^{3+} F Pb^{2+} G Zn^{2+}

٥. أُجريت العمليات (i) إلى (v) الموضحة في الشكل التالي على محلول يحتوي خليط من ست أيونات معدنية:

Al^{3+} ، Cu^{2+} ، Zn^{2+} ، Ca^{2+} ، Ag^{+} ، K^{+}

اكتب الصيغ الكيميائية للرواسب المتكونة في كل خطوة من (a) إلى (e) وللأيونات الموجودة في المرشح النهائي (f).

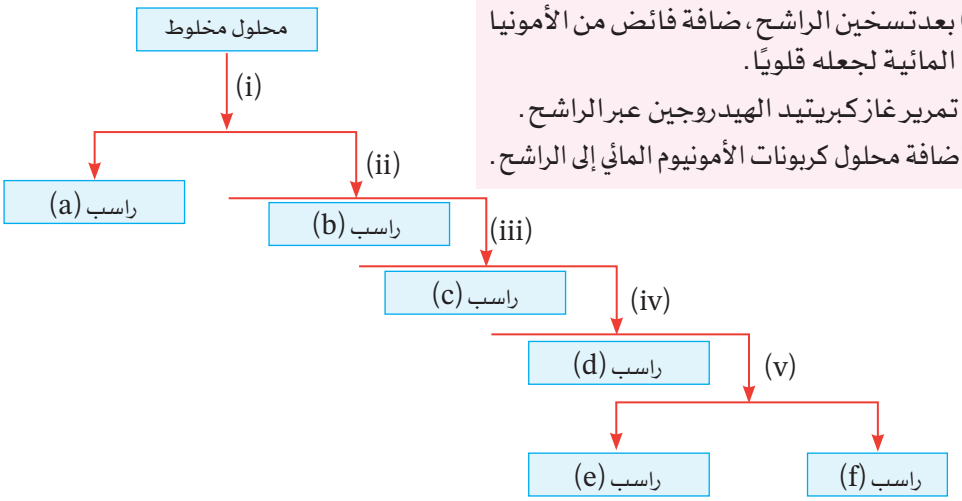
(i) إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف.

(ii) تمرير غاز كبريتيد الهيدروجين عبر الراشح.

(iii) بعد تسخين الراشح، ضافة فائض من الأمونيا المائية لجعله قلويًا.

(iv) تمرير غاز كبريتيد الهيدروجين عبر الراشح.

(v) إضافة محلول كربونات الأمونيوم المائي إلى الراشح.



تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. حدّد صيغة الراسب ولونه، أو اكتب (X):

الكاشف	(Ag^{+})	(Pb^{2+})	(Cu^{2+})	(Al^{3+})	(Zn^{2+})
حمض الهيدروكلوريك المخفف	$(AgCl)$ أبيض	A	B	C	×
الكبريتيد في وسط حمضي	D	E	F	×	G
كمية قليلة من الأمونيا	H	I	$(Cu(OH)_2)$ أزرق	$(Al(OH)_3)$ أبيض	j
كمية قليلة من $(NaOH)$	K	$(Pb(OH)_2)$ أبيض	L	M	N

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. حدد الكاتيون من A إلى H الذي يتوافق مع كل ملاحظة من الملاحظات التالية: (أ) إلى (هـ).

(أ) عند إضافة كمية صغيرة من محلول الأمونيا المائي، يتكون راسب أبيض مائل إلى الزرقة، وعند إضافة مزيد من محلول الأمونيا المائي، يذوب الراسب لتكوين محلول مائي أزرق غامق.

(ب) عند إضافة حمض الهيدروكلوريك، يتكون راسب أبيض، وعند إضافة محلول مائي من كرومات البوتاسيوم، يتكون راسب بني محمر.

(جـ) عند إضافة محلول مائي من سداسي سيانيد فيرات البوتاسيوم (II)، يتكون راسب أزرق داكن.

(د) عند إضافة كمية صغيرة من محلول الأمونيا المائي، يتكون راسب أبيض.

وحتى إذا أُضيفت كمية زائدة من محلول الأمونيا المائي إلى هذا الراسب، فإنه لا يذوب، ولكن إذا أُضيفت كمية زائدة من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي، فإن الراسب يذوب.

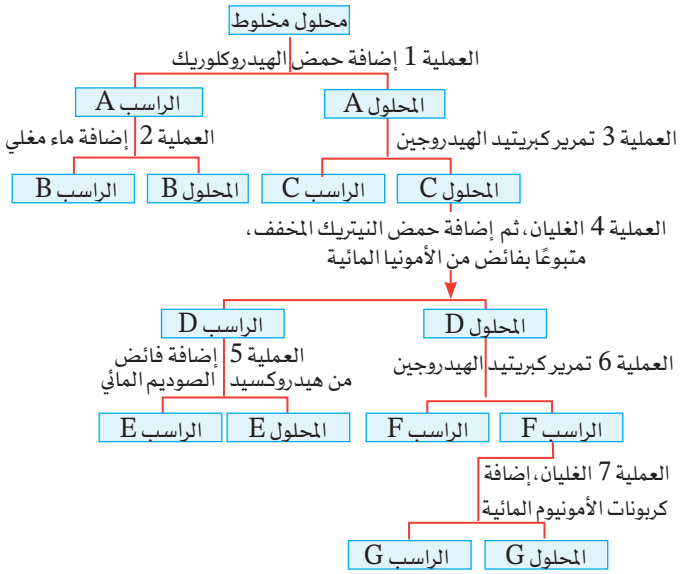
(هـ) ينتج لهبًا أحمر-أرجواني في اختبار اللهب.

A Ag^+ B Cu^{2+} C Fe^{3+} D Fe^{2+}

E Zn^{2+} F Pb^{2+} G Zn^{2+} H K^+

٣. يحتوي محلول على Pb^{2+}, Cu^{2+}, Fe^{3+}, Zn^{2+}, Ba^{2+}, K^+, Ag^+, Al^{3+}

تم إجراء سلسلة من العمليات الموضحة في الشكل لفصل كل أيون وتحديد نوعه. أجب عن الأسئلة التالية:



(أ) حدد اسم الراسب «B» وصيغته الكيميائية.

(ب) اشرح سبب إضافة حمض النيتريك المخفف في الخطوة 4.

(جـ) اكتب الصيغة الكيميائية للأيون المتراكب الموجود في المحلول «E».

(د) من بين الأيونات الفلزية الثمانية الأولى، حدد الأيونات الموجودة في المحلول «G».

واكتب صيغتها الكيميائية.

تحدَّ تفكيرك:

يحتوي محلول على: Ag^+, Pb^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}

صمم أقصر تسلسل مناسب من الكواشف لفصل الأيونات الأربعة.

ينبغي أن يتضمن تصورك:

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

الفصل الرابع

المركبات العضوية

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

١-٤ — الروابط التساهمية

مقدمة

تخيّل أنك تشاهد غازين غير مرئيين: الهيدروجين والأكسجين. الهيدروجين منفردًا شديد الاشتعال، أما الأكسجين فيساعد على الاحتراق. ومع ذلك، عندما يتفاعلان معًا يتكوّن الماء، وهو سائل يمكنه إطفاء الحريق.

إن كل نَفَس تتنفسه، وكل قطرة ماء تشربها، وكل جزيء في جسمك، يوجد لأن الذرات تتشارك الإلكترونات بطريقة مدهشة.

ستكتشف في هذا الدرس كيف يفسر الكيميائيون الروابط غير المرئية التي تحافظ على تماسك المادة.

؟ سؤال توجيهي: كيف يسمح تشارك الإلكترونات للذرات بتكوين جزيئات مستقرة لها خواص تختلف اختلافًا تامًّا عن خواص الذرات المنفردة؟

الاستكشاف

يبني طالب في الكيمياء أربعة نماذج جزيئية:

- يكون الهيدروجين رابطة واحدة.
- يكون الأكسجين رابطتين.
- يكون النيتروجين ثلاث روابط.
- يكون الكربون أربع روابط.

الملاحظة

صِف العلاقة بين عدد الإلكترونات المفردة وعدد الروابط المتكوّنة.

.....

الاستنتاج

لماذا تكوّن العناصر المختلفة أعدادًا مختلفة من الروابط التساهمية؟

استخدم التوزيعات الإلكترونية لتبرير إجابتك.

.....

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- تتكوّن الروابط التساهمية عن طريق تشارك الإلكترونات.
- تتكوّن الجزيئات من ذرات مرتبطة بروابط تساهمية.
- تكوّن أزواج الإلكترونات المشتركة روابط تساهمية.
- لا تشارك أزواج الإلكترونات الحرة في تكوين الروابط.

المفاهيم الأساسية:

- الرابطة التساهمية
- أزواج الإلكترونات الحرة
- أزواج الإلكترونات الرابطة
- الصيغ البنائية.

تعلم

١. الروابط التساهمية:

(أ) **الرابطة التساهمية:** رابطة تتكوّن نتيجة مشاركة إلكترونات التكافؤ بين الذرات.

(ب) **الجزيء:** جسيم يتكوّن من ذرتين أو أكثر ترتبط بروابط تساهمية.

٢. تراكيب لويس (مخططات النقاط الإلكترونية):

(أ) **رمز لويس:** طريقة تُوضع فيها نقاط حول رمز العنصر لتمثيل إلكترونات التكافؤ الخاصة به.

- من بين إلكترونات التكافؤ، يُسمى الإلكترونان المزدوجان معًا زوجًا حرًّا (زوج إلكتروني)، بينما يُسمى الإلكترون المفرد غير المرتبط بإلكترون آخر إلكترونًا غير مزدوج (مفرد).

المجموعة	1	2	13	14	15	16	17	18
رمز لويس	$\cdot \dot{Li}$	$\cdot \dot{Be} \cdot$	$\cdot \dot{B} \cdot$	$\cdot \dot{C} \cdot$	$\cdot \dot{N} \cdot$	$:\dot{O} \cdot$	$:\dot{F} \cdot$	$:\dot{Ne}:$
عدد الإلكترونات غير المزدوجة	1	2	3	4	3	2	1	0

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

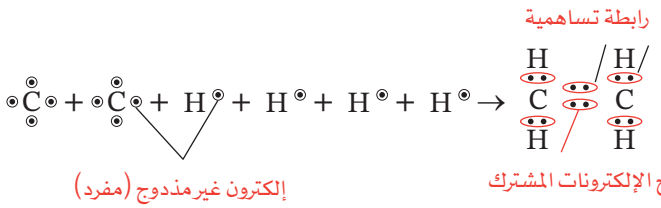
(ب) تراكيب لويس للجزيئات:

- تتكوّن الرابطة التساهمية عندما يتزاوج إلكترون غير مزدوج في ذرة مع إلكترون غير مزدوج في ذرة أخرى.

يُسمّى زوج الإلكترونات الذي تتشاركه الذرات لتكوين رابطة تساهمية **«زوج الإلكترونات المشترك»** أو «زوج إلكترونات الرابط».

بينما يُسمى الزوج الإلكتروني غير المشارك بين الذرات «زوج الإلكترونات الحر».

مثال: جزيء الإيثيلين C_2H_4:



- تُسمى الرابطة التساهمية الناتجة عن تشارك زوج الكترونات واحد **رابطة أحادية**. أما الروابط الناتجة عن تشارك زوجين أو ثلاثة أزواج من الإلكترونات فتُسمى على الترتيب **رابطة ثنائية ورابطة ثلاثية**.

٣. الصيغ البنائية:

(أ) **الصيغة البنائية:** صيغة كيميائية تمثّل الروابط التساهمية داخل الجزيء باستخدام خطوط (روابط).

(ب) تراكيب لويس والصيغ البنائية لأهم الجزيئات:

المجموعة	بنية لويس	الصيغة البنائية
الهيدروجين H_2	H : H	H — H
الماء H_2O	H : O : H	H — O — H
الأمونيا NH_3	H : N : H (H)	H — N — H (H)
الميثان CH_4	H : C : H (H)	H — C — H (H)

يمكن رسم الصيغة البنائية عن طريق استبدال زوج واحد من الإلكترونات المشتركة في تركيب لويس بخط واحد

تطبيق حياتي:

تركيب الحمض النووي (DNA)

يتماسك كل جزيء من الحمض النووي بفضل ملايين الروابط التساهمية التي تربط الذرات في سلاسل طويلة. فبدون الروابط التساهمية، ما كان يمكن تخزين المعلومات الوراثية.

كيمياء الغذاء

تتكوّن البروتينات والكربوهيدرات والدهون جميعها من ذرات مرتبطة بروابط تساهمية. ويؤدي كسر هذه الروابط وتكوينها إلى إطلاق الطاقة أثناء عمليات الأيض.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

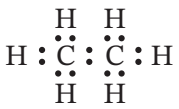
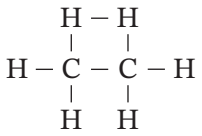
مثال:

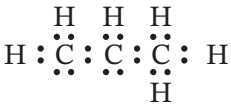
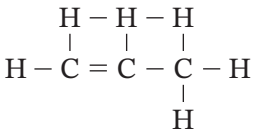
اكتب تركيب لويس والصيغة البنائية لكل من الجزيئات التالية:

C_2H_6 (i)　　C_3H_6 (ii)　　HCl (iii)

الشرح

تذكّر أن تُضمّن الأزواج الحرة من الإلكترونات في تراكيب لويس.

(i) C_2H_6: تركيب لويس  ، الصيغة البنائية: 

(ii) C_3H_6 تركيب لويس  ، الصيغة البنائية: 

(iii) HCl: تركيب لويس ، الصيغة البنائية:

التفكير النقدي:

السيناريو

تعمل شركة أدوية على تطوير دواء جديد. ويكتشف فريق البحث أن ذرة كربون واحدة قد رُسمت خطأً بخمس روابط تساهمية.

بصفتك الكيميائي المسؤول عن ضبط الجودة:

- حدّد الخطأ. .....
- اشرح لماذا هذا التركيب مستحيل كيميائيًا. .....
- ارسم تركيب لويس الصحيح بعد التصحيح. .....

حاول بنفسك:

اجب عن الأسئلة الآتية:

١. أي زوج من الإلكترونات يُكوّن رابطة تساهمية؟

(أ) زوج حر　　(ب) زوج إلكتروني مشارَك

(جـ) إلكترونات المستوى الداخلي.　　(د) إلكترونات الأغلفة الداخلية.

٢. أي من الجزيئات التالية يحتوي على رابطة ثلاثية؟

(أ) H_2O　　(ب) NH_3

(جـ) C_2H_2　　(د) CH_4

٣. اكتب تركيب لويس والصيغة البنائية لكل من الجزيئات التالية:

(i) HCN .....　　(ii) C_3H_8 .....

(iii) C_2H_4 .....　　(iv) C_2H_2 .....

الكيمياء تُشكّل المواد

الألماس مقابل الجرافيت: يتكوّن كلاهما بالكامل من ذرات الكربون. لكن اختلاف ترتيب الروابط التساهمية يمنحهما خصائص مختلفة تمامًا.

- الألماس ← أصلب مادة طبيعية.
- الجرافيت ← ليّن وموصّل للكهرباء.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

التحدي الكبير:

يستطيع العلماء اليوم تصميم جزيئات جديدة كليًا لم توجد في الطبيعة من قبل.

لو كان بإمكانك تصميم جزيء تساهمي جديد، فما المشكلة التي سيحلّها؟

أمثلة:

- بلاستيك قابل للتحلل الحيوي .....
- دواء أكثر فعالية .....
- احتجاز ثاني أكسيد الكربون .....
- تخزين طاقة نظيفة .....

برّر تصميمك علميًا .....

كن مواطنًا عالميًا

يعتمد المجتمع الحديث على مواد صناعية مصنوعة من مركبات تساهمية. تُحسّن هذه المواد الرعاية الصحية والنقل والاتصالات.
ومع ذلك، فإن كثيرًا من البلاستيك المصنوع من البوليمرات التساهمية يبقى في البيئة لقرون.

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

اكتب تركيب لويس والصيغة البنائية لكل من الجزيئات التالية:

(i) CCl_4 .....

(ii) CH_4 .....

(iii) HCN .....

(iv) C_2H_2 .....

(v) C_2H_4 .....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٤-٢ — خصائص وتراكيب المركبات العضوية

مقدمة

تخيل أنك تدخل إلى سوبر ماركت وترى مئات المنتجات التي تبدو مختلفة تمامًا: زجاجات بلاستيكية للماء، أدوية، عطور، زيت طهي، شوكولاتة، أقمشة صناعية، بنزين، وحتى الفيتامينات.

للوهلة الأولى، يبدو أن هذه المواد لا تشترك في شيء. لكن العلماء يعرفون أنها جميعًا مصنوعة من العنصر المذهل نفسه – الكربون.

في هذا الدرس، ستستقصي كيف تُنشئ قدرة الكربون الفريدة على تكوين الروابط تنوعًا هائلًا من الجزيئات التي تدعم الحياة، والتكنولوجيا الحديثة، والطب، والزراعة، والصناعة.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن لتغيير ترتيب ذرات الكربون أن يُنتج مواد ذات خصائص واستخدامات مختلفة تمامًا؟

الاستكشاف

أي من هذه المواد تعتقد أنها تمتلك أكثر التراكيب الكيميائية تشابهًا؟ فسّر أسباب اختيارك.

- الجلوكوز (السكر)
- زجاجة بلاستيكية
- البنزين
- الأسبرين
- شمع الشموع

تعلم

١. المركبات العضوية:

(أ) **المركبات العضوية:** مركبات ذات هيكل من ذرات **الكربون**.

(ب) **خصائص المركبات العضوية:**

(i) عدد أنواع العناصر المكوّنة قليل، لكن عدد أنواع المركبات **كبير جدًا**.

(ii) معظمها قابل للاحتراق، وعند احتراقه الكامل، يُنتج بشكل رئيسي ثاني أكسيد الكربون والماء.

(iii) تتكوّن من **جزيئات**، ولها **درجات انصهار وغليان منخفضة**.

(iv) معظمها **شحيح الذوبان** في الماء، لكنه **قابل للذوبان في المذيبات العضوية** مثل الكحولات (وهي مركبات عضوية سائلة تعمل كمذيبات).

٢. تصنيف المركبات العضوية:

(أ) **الهيدروكربونات:** مركبات عضوية تتكوّن من الكربون والهيدروجين فقط.

(i) الهيدروكربونات مفتوحة السلسلة (الهيدروكربونات الأليفاتية): هيدروكربونات ترتبط فيها ذرات الكربون في سلسلة.

- **الألكان:** هيدروكربون مفتوح السلسلة ترتبط فيه ذرات الكربون بروابط أحادية فقط. الصيغة العامة C_nH_{2n+2}.
- **الألكين:** هيدروكربون مفتوح السلسلة يحتوي على رابطة ثنائية واحدة. الصيغة العامة C_nH_{2n}.
- **الألكاين:** هيدروكربون مفتوح السلسلة يحتوي على رابطة ثلاثية واحدة. الصيغة العامة C_nH_{2n-2}.

بنية العلم

حقيقة أساسية:

- تُبنى المركبات العضوية حول هيكل من ذرات الكربون.
- تحتوي معظم المركبات العضوية على الكربون والهيدروجين، ويحتوي كثير منها أيضًا على الأكسجين أو النيتروجين.
- تحدد المجموعات الوظيفية الخواص الكيميائية للمركبات العضوية.

المفاهيم الأساسية:

- المركبات العضوية
- الهيدروكربونات
- المجموعات الوظيفية
- التركيب الجزيئي.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ii) الهيدروكربونات الحلقية: هيدروكربونات ترتبط فيها ذرات الكربون في حلقة.

- **الألكان الحلقي:** هيدروكربون حلقي ترتبط فيه ذرات الكربون بروابط أحادية فقط. الصيغة العامة C_nH_{2n}.
- **الألكين الحلقي:** هيدروكربون حلقي يحتوي على رابطة ثنائية واحدة. الصيغة العامة C_nH_{2n-2}.

(ب) **المجموعة الوظيفية:** مجموعة من الذرات تُحدّد خصائص المركب.

تصنيف المركبات العضوية حسب المجموعة الوظيفية

اسم المركب	الصيغة البنائية	اسم المجموعة الوظيفية
حمض كربوكسيلي	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$	مجموعة الكربوكسيل
إستر	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-$	رابطة الإستر
مركب نيترو	$-NO_2$	مجموعة النيترو
أمين	$-NH_2$	مجموعة الأمنيو
حمض سلفونيك	$-SO_3H$	مجموعة السلفو

اسم المركب	الصيغة البنائية	اسم المجموعة الوظيفية
الكحول، الفينولات	$-OH$	مجموعة الهيدروكسيل
إيثر	$-O-$	مجموعة الإيثر
كيتون	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$	مجموعة الكربونيل (مجموعة الكيتون)
ألدهيد	$-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$	مجموعة الفورميل (مجموعة الألدهيد)

جدول 4 – 2 – 1

(جـ) **مجموعة الهيدروكربون:** الجزء المكوّن من الكربون والهيدروجين فقط، بخلاف المجموعة الوظيفية، ويُرمز له بالرمز R–.

مثال: تُمثَّل الكحولات بالصيغة R–OH

(د) **الصيغة البنائية المكثّفة:** صيغة شبه بنائية تُظهر فيها الزمرة الوظيفية بوضوح، بينما تُكتب بقية الذرات بشكل مكثّف (مجمّع).

مثال: يُكتب الإيثانول بالصيغة C_2H_5OH بدلًا من الصيغة الجزيئية C_2H_6O

التفكير النقدي:

الفرض:

عادةً ما تكون درجات انصهار وغليان المركبات العضوية أقل من كثير من المركبات غير العضوية.

الدليل:

تتكوّن معظم المركبات العضوية من جزيئات تترابط بقوى بين–جزيئية ضعيفة نسبيًا.

التعليل:

استخدم الأدلة الواردة في الدرس لتشرح لماذا تؤدي القوى البين–جزيئية الأضعف إلى درجات انصهار وغليان أقل.

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣. المتشابهات الجزيئية (الإيزومرات):

الأيزومرات (المتشابهات الجزيئية): مركبات لها نفس الصيغة الجزيئية ولكنها تختلف في التراكيب.

(i) **الأيزومرات البنائية:** أيزومرات تختلف فيها ترتيب ارتباط الذرات.

(ii) **الأيزومرات الفراغية:** أيزومرات لها نفس ترتيب ارتباط الذرات ولكنها تختلف في تراكيبها الثلاثية الأبعاد.

- **الأيزومرات الهندسية (أيزومرات السيس-ترانس):** أيزومرات فراغية تنشأ نتيجة وجود رابطة ثنائية بين ذرتي كربون.
- **الأيزومرات الضوئية (الإينانتيومرات):** أيزومرات فراغية تنشأ نتيجة احتواء الجزيء على ذرة كربون مرتبطة بأربع ذرات أو مجموعات مختلفة ذرة الكربون غير المتماثلة (ذرة كربون كيرالية).

تطبيق حياتي:

مستحضرات التجميل

تعتمد العطور والصابون والشامبو ومستحضرات العناية بالبشرة على جزيئات عضوية تحتوي على كحولات وإسترات ومركبات أروماتية.

الزراعة

الأسمدة والمبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب هي مركبات عضوية مصمَّمة بعناية لزيادة الإنتاج الزراعي.

كن مواطنًا عالميًا

الكيمياء العضوية المستدامة

تعد الكيمياء العضوية أساسيةً لتطوير:

- البلاستيك القابل للتحلل الحيوي.
- الوقود الحيوي المتجدد.
- المذيبات الصديقة للبيئة.
- الأسمدة المستدامة.
- الأدوية الصديقة للبيئة.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) من بين الخواص التالية عن المركبات العضوية، اخترجميع الخواص الصحيحة.

(i) تتكوّن المركبات العضوية من جزيئات، وكثير منها قابل للذوبان في الماء لكنه قليل الذوبان في المذيبات العضوية.

(ii) قد توجد مواد لها الصيغة الجزيئية نفسها، لكنها تختلف في طريقة ارتباط الذرات وفي تراكيبها.

(iii) توجد أنواع كثيرة من المركبات العضوية لأنها تتكوّن من أنواع كثيرة من العناصر.

(iv) لها درجات انصهار وغليان منخفضة.

(v) ثاني أكسيد الكربون وبيكربونات الصوديوم مركبات عضوية.

(ب) اذكر اسم المجموعة الوظيفية التي تحتها خط المركبات العضوية التالية.

(i) $HCHO$ (ii) $HCOOH$

(جـ) املأ الفراغات بالكلمات المناسبة في النص التالي:

تشمل الأيزومرات: الأيزومرات (A) التي يختلف فيها ترتيب ارتباط الذرات، وايزمرات فراغية يختلف فيها الترتيب ثلاثي الأبعاد للذرات أو مجموعات الذرات في الجزيء. وتشمل الايزومرات الفراغية كذلك الأيزومرات (B) التي تعتمد على الروابط الثنائية بين ذرات الكربون، و(C) التي تنشأ بسبب وجود ذرة كربون كيرالية.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الشرح (Explanation)

(أ) (i) كثير من المركبات العضوية قليل الذوبان في الماء وقابل للذوبان في المذيبات العضوية.

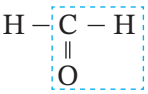
(ii) تُسمى المركبات ذات الصيغة الجزيئية نفسها لكن التراكيب المختلفة أيزومرات.

(iii) توجد أنواع كثيرة من المركبات العضوية، لكن أنواع العناصر المكوّنة لها قليلة.

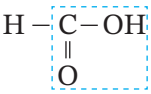
(iv) لأن المركبات العضوية تتكوّن من جزيئات، فإن درجات انصهارها وغليانها أقل من المركبات غير العضوية (وذلك بسبب أن القوى البين-جزيئية بين الجزيئات العضوية ضعيفة).

(v) يحتوي ثاني أكسيد الكربون CO_2 وبيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$ على ذرات كربون، لكنهما يُعاملان كموادّ غير عضوية. لذا فالإجابة الصحيحة هي (iv)، (ii).

(ب) (i) المجموعة الوظيفية المكوّنة من C وH وO هي مجموعة الفورميل (مجموعة الألدهيد).



(ii) المجموعة الوظيفية المكوّنة من C وO وO وH هي مجموعة الكربوكسيلية.



(جـ) A: بنائية B: سيس-ترانس C: أنانتيومر (صورة ضوئية)

فكّر كمهندس:

السيناريو

يحتاج المهندسون غالبًا إلى مواد قوية، مرنة، خفيفة الوزن، أو قابلة للتحلل الحيوي. إن فهم التركيب الجزيئي والزمر الوظيفية يُمكّن المهندسين من تصميم البلاستيك والألياف الصناعية والمواد اللاصقة والمواد الطبية بخصائص محدّدة.

ما الخاصية الأهم عند تصميم عبوة غذاء قابلة للتحلل الحيوي؟ اشرح إجابتك.

.....

حاول بنفسك:

اجب عن الأسئلة الآتية:

١. اقرأ النص الآتي، ثم أجب:

أنواع العناصر المكوِّنة للمركبات العضوية (A)، لكن أنواع المركبات (B) للغاية، ولها تراكيب (C) أو تراكيب حلقية. وتُسمّى مجموعة الذرات التي تحدد خصائص المركب العضوي (D). وتوجد أيضًا ايزومرات تُقسَّم إلى ايزومرات بنائية و(E). وتشمل (E): (F) التي تنشأ بسبب رابطة ثنائية، و(G) التي تنشأ بسبب ذرة كربون غير متناظرة.

(أ) اكتب الكلمات المناسبة للفراغات من (A) إلى (G).

(ب) أكتب اسم الهيدروكربونات الآتية:

(i) هيدروكربون صيغته العامة C_nH_{2n} ويحتوي على رابطة ثنائية واحدة بين ذرتي كربون.

(ii) هيدروكربون صيغته العامة C_nH_{2n} ولا يحتوي على روابط ثنائية وله تركيب حلقي.

(iii) هيدروكربون صيغته العامة C_nH_{2n-2} ويحتوي على رابطة ثلاثية واحدة بين ذرتي كربون.

(جـ) اختر جميع الخواص الصحيحة لخصائص المركبات العضوية، واكتب الحروف المقابلة.

A. كثير منها قليل الذوبان في الماء لكنه قابل للذوبان في المذيبات العضوية.

B. كثير منها يتكوّن من روابط تساهمية وهي إلكتروليتات.

C. كثير منها يتكوّن من جزيئات وله درجات انصهار وغليان مرتفعة نسبيًا.

D. كثير منها مركبات قابلة للاحتراق، وغالبًا ما تُنتج الماء وثاني أكسيد الكربون عند الاحتراق.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٢. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمركبات أدناه.

(أ) $CH_3\underline{CHO}$ (ب) $CH_3\underline{CO}CH_3$ (جـ) $C_2H_5\underline{COOH}$

(د) $C_2H_5\underline{OH}$ (هـ) $C_6H_5\underline{NO_2}$ (و) $CH_3\underline{NH_2}$

(ز) اكتب اسم المجموعة الوظيفية التي تحتها خط في كل مركب.

(ح) ما نوع كل مركب عضوي بناءً على مجموعته الوظيفية؟ اكتب اسم العائلة التي ينتمي اليها كل منهم. (مع ملاحظة أن د ليس فينولًا).

3. أي من الأوصاف التالية عن زوج من الأنانتيومرات غير صحيح؟

(أ) الخصائص مثل درجتي الانصهار والغليان متماثلة.

(ب) لهما نفس الصيغة الجزيئية .

(جـ) يختلف تركيبهما ثلاثي الأبعاد.

(د) يحتويان داخل الجزيء على رابطة ثنائية بين ذرتي كربون.

تحدَّ تفكيرك:

مركبين الصيغة الجزيئية نفسها C_3H_6O.

أحدهما له رائحة عطرة ويُستخدم في العطور.

والآخر مذيب صناعي مهم.

التحدي

دون تغيير الصيغة الجزيئية، اشرح كيف يمكن لتغيير ترتيب الذرات فقط أن يُنتج مواد مختلفة تمامًا.

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. يريد كيميائي إنتاج مركب يمتزج جيدًا بالماء: أي مجموعة وظيفية ستكون الأنسب؟

(أ) سلسلة هيدروكربونية (ب) المجموعة الهيدروكسيلية ($-OH$)

(جـ) سلسلة كربونية فقط (د) رابطة ثلاثية بين كربونين

٢. أي من الخواص التالية تُحدَّد بشكل رئيسي من المجموعة الوظيفية؟

(أ) عدد النيوترونات (ب) النشاط الكيميائي

(جـ) عدد البروتونات (د) الكتلة الذرية

٣. املأ الفراغات بالكلمات أو الصيغ المناسبة. ملاحظة: استخدم n لتمثيل عدد ذرات الكربون عند كتابة الصيغ العامة.

المركبات العضوية هي مركبات ذات هيكل من ذرات (i). أنواع العناصر المكوّنة (ii)، وأنواع المركبات (iii).

عمومًا، تتكوّن من (iv)، ودرجات انصهارها وغليانها (v). كثير من المركبات العضوية (vi) في الماء، لكنها (vii) في المذيبات العضوية.

تُسمى الهيدروكربونات مفتوحة السلسلة التي تحتوي على رابطة ثنائية واحدة بين ذرتي كربون (viii)، وتُمثَّل صيغتها العامة بـ $(n \geq 2)$ (ix). أما الهيدروكربونات مفتوحة السلسلة التي تُمثَّل بالصيغة العامة C_nH_{2n-2} $(n \geq 2)$ وتحتوي على رابطة (x) واحدة بين ذرتي كربون فتُسمى (xi).

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

4. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمجموعات الوظيفية التالية:

(أ) مجموعة الهيدروكسيل (ب) مجموعة الفورميل (مجموعة الألدهيد).

(جـ) مجموعة الكربوكسيل. (د) الرابطة الإيثرية. (هـ) الرابطة الإسترية.

(و) مجموعة النيترو (ز) مجموعة السلفو. (ح) مجموعة الأمينو.

(i) اكتب المجموعات الوظيفية من (أ) إلى (ح) كما في المثال.

(مثال: مجموعة الكربونيل) $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$

(ii) ما اسماء المركبات التي تحتوي على المجموعة الوظيفية من (أ) إلى (ح)؟

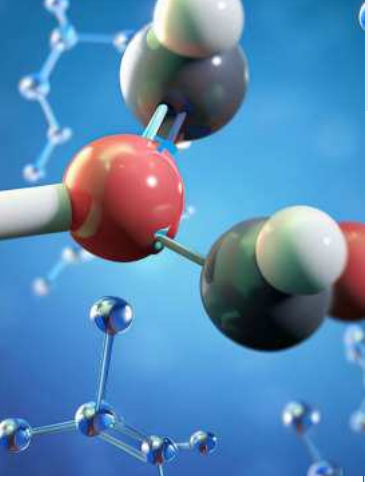
٥. أقرأ العبارات التالية من (أ) إلى (جـ)، ثم اكتب A إذا كانت تنطبق عندما يكون المركبان ايزوميران سيس-ترانس، B إذا كانا أنانتيومرين، C إذا كانت تنطبق في الحالتين، D إذا كانت لا تنطبق علي أي منهما.

(أ) الصيغ الجزيئية مختلفة.

(ب) التراكيب ثلاثية الأبعاد للجزيئات مختلفة.

(جـ) توجد رابطة ثنائية بين ذرتي كربون.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



٣-٤ – تحديد الصيغ البنائية للمركبات العضوية

مقدمة

يكتشف مختبر أدلة جنائية مركبًا عضويًا مجهولًا. ورغم أن العلماء يعرفون أنه يحتوي على الكربون والهيدروجين والأكسجين، إلا أنهم لا يعرفون هويته. ومن خلال حرق عيّنة صغيرة منه وقياس النواتج المتكوّنة بدقة، يمكنهم الكشف تدريجيًا عن التركيب الجزيئي للمركب.

في هذا الدرس، ستكتشف كيف يتعرّف الكيميائيون على المركبات المجهولة باستخدام الأدلة العلمية والاستدلال المنطقي.

؟ سؤال توجيهي: كيف تحدّد حركة الجسيمات والقوى البين-جزيئية ما إذا كان السائل يتبخر أو يتكثف أو يغلي؟

تعلم

١. تحديد الصيغ البنائية:

(أ) **التحليل العنصري:** إجراء يُستخدم لتحديد نسبة كل عنصر موجود في المركب.

(ب) خطوات تحديد الصيغة البنائية تُحدَّد الصيغة البنائية للمركب العضوي وفق الخطوات التالية:

استخلاص عيّنة نقية ← تحديد العناصر المكوِّنة ← إجراء التحليل العنصري

← تحديد الصيغة الأولية ← تحديد الصيغة الجزيئية ← تحديد الصيغة البنائية.

(جـ) الصيغة الأولية: صيغة كيميائية تُظهر عدد الذرات المكوِّنة للمادة بأبسط نسبة عددية صحيحة.

(كيفية إيجاد الصيغة الأولية)

تساوي نسبة أعداد الذرات نسبة كتلة كل عنصر مقسومة على كتلته الذرية النسبية. لذلك، إذا كانت الصيغة الأولية للمركب $C_xH_YO_Z$، فإن:

$$X : Y : Z = \frac{\text{كتلة الـ C}}{\text{الذرية النسبية لـ C}} : \frac{\text{كتلة الـ H}}{\text{الكتلة الذرية النسبية لـ H}} : \frac{\text{كتلة الـ O}}{\text{الكتلة الذرية النسبية لـ O}}$$

محقق البيانات:

يحتوي أحد المركبات على الكربون والهيدروجين والأكسجين.

ويُعطي التحليل العنصري له الكتل التالية:

- الكربون = 24 g
- الهيدروجين = 4 g
- الأكسجين = 32 g

دون إجراء الحل الكامل، توقّع:

- أي عنصر له أكبر عدد من الذرات؟

.....

- ما المعلومة الإضافية التي تحتاجها لتحديد الصيغة الجزيئية؟

.....

(د) **الصيغة الجزيئية:** صيغة تُمثّل أنواع العناصر المكوِّنة وعدد ذرات كل عنصر في الجزيء.

(العلاقة بين الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية)

الصيغة الجزيئية هي الصيغة الأولية مضروبة في n (عدد صحيح). والعلاقة الرياضية هي:

الصيغة الجزيئية = الصيغة الأولية × n. وتُحسب قيمة n من الكتلة الجزيئية النسبية للمركب.

$$n = \frac{\text{الكتلة الجزيئية النسبية}}{\text{كتلة صيغة الوحدة الأولية}}$$

بنية العلم

حقيقة أساسية:

- يحدد التحليل العنصري العناصر الموجودة في المركب.
- توضح الصيغة الأولية أبسط نسبة بين أعداد الذرات.
- توضح الصيغة الجزيئية العدد الفعلي لذرات كل عنصر.

المفاهيم الأساسية:

- الصيغة الأولية.
- الصيغة الجزيئية.
- الصيغة البنائية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(هـ) **تحديد الصيغة البنائية:** تحديد التركيب الصحيح من بين الأيزومرات المحتملة بمعرفة المجموعة الوظيفية والخصائص الفيزيائية، مثل درجتي الانصهار والغليان.

التفكير النقدي:

الادّعاء:

لا يمكن تحديد الصيغة الجزيئية لمركب عضوي بالاعتماد فقط على النسب المئوية للعناصر.

الدليل

ما الدليل الذي يدعم هذا الادّعاء؟

.....

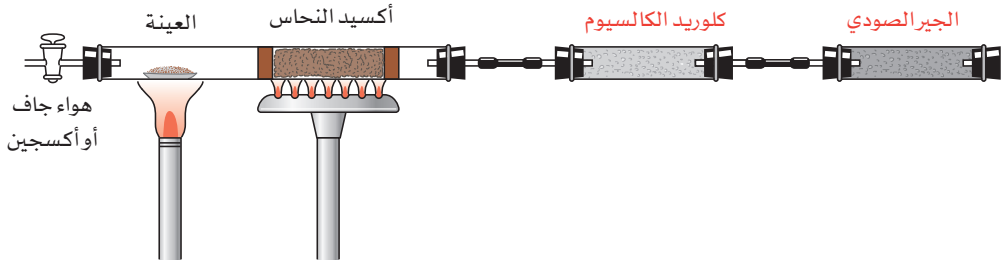
التعليل:

اشرح لماذا تكون الكتلة الجزيئية النسبية مطلوبة أيضًا.

.....

٢. قياس كتل الكربون والهيدروجين والأكسجين:

(خطوات التحليل العنصري لمركب مكوَّن من الكربون والهيدروجين والأكسجين)



١ تسخين وحرق العينة:

- يُضاف أكسيد النحاس (II). السبب: لضمان احتراق العينة احتراقًا كاملًا.
- يتحول الكربون C إلى CO_2، ويتحول الهيدروجين H إلى H_2O.

٢ امتصاص النواتج المتكوّنة:

- أولًا، يُمتص H_2O في أنبوب كلوريد الكالسيوم.
- ثم يُمتص CO_2 في أنبوب الجير الصودي.

ملاحظة: لا يمكن عكس ترتيب الأنبوبين.

السبب: الجير الصودي يمتص كلًا من الماء وثاني أكسيد الكربون معًا، مما يجعل من المستحيل تحديد كتلتي الكربون والهيدروجين كلٍّ على حدة.

٣ حساب كتلتي الكربون والهيدروجين من مقدار الزيادة في كتلة كل أنبوب.

٤ إيجاد كتلة الأكسجين O.

كتلة الاكسجين = كتلة العينة – (كتلة الكربون + كتلة الهيدروجين)

تطبيق حياتي:

فحص جودة الغذاء

يحدّد علماء الأغذية محتوى الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين في الأطعمة لقياس القيمة الغذائية والتحقق من جودة المنتج.

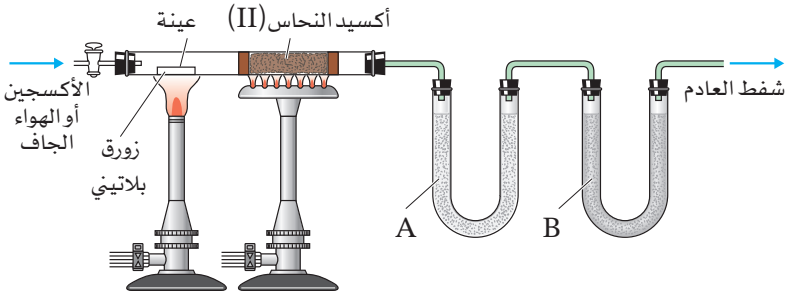
موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

عند إجراء احتراق كامل لعيّنة مقدارها 30.8 g من مركب عضوي X مكوَّن من الكربون والهيدروجين والأكسجين باستخدام الجهاز الموضّح، زادت كتلة الأنبوب A مقدار 25.2 mg، و كتلة الأنبوب B بمقدار 61.6 mg. كما أن الكتلة الجزيئية النسبية لهذا المركب 88. أجب عن الأسئلة التالية:

(H = 1.0, C = 12, O = 16)



(أ) ما دور أكسيد النحاس (II) في الجهاز الموضّح؟ أجب باختصار.

(ب) ما المادة التي يجب وضعها في الأنبوب A والأنبوب B على الترتيب؟

(جـ) أوجد كتلة C وكتلة H وكتلة O في المركب العضوي X، مع كتابة الوحدات المناسبة.

(د) اكتب الصيغة الجزيئية للمركب العضوي X.

(هـ) اكتب صيغتين بنائيتين محتملتين لحمض كربوكسيلي للمركب العضوي X.

الشرح

(أ) لضمان احتراق العينة احتراقًا كاملًا.

(ب) A: كلوريد الكالسيوم B: الجير الصودي

(جـ) كتلة C: يُمتص CO_2 في الأنبوب B. وبما أن كتلة الأنبوب B زادت بمقدار 61.6 g:

$$61.6\ mg \times \frac{12}{44} = 16.8\ mg$$

$$\text{كتلة الكربون} = \text{كتلة } CO_2 \times \frac{\text{الكتلة الذرية النسبية لـ C}}{\text{الكتلة الجزيئية النسبية لـ } CO_2}$$

كتلة H: يُمتص H_2O في الأنبوب A. وبما أن كتلة الأنبوب A زادت بمقدار 25.2 g :

$$25.2\ mg \times \frac{2.0}{18} = 2.80\ mg$$

$$\text{كتلة الهيدروجين} = \text{كتلة } H_2O \times \frac{\text{الكتلة الذرية النسبية لـ H}}{\text{الكتلة الجزيئية النسبية لـ } H_2O}$$

كتلة O: باستخدام كتلة الأكسجين = كتلة العينة – (كتلة الكربون + كتلة الهيدروجين):

$$30.8 - (16.8 + 2.80) = 11.2\ mg$$

وبناءً على ما سبق: كتلة (C) = 16.8 mg، كتلة (H) = 2.80 mg، كتلة (O) = 11.2 mg

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(د) أولًا، نوجد الصيغة الأولية للمركب. بافتراض أن الصيغة الأولية هي $C_xH_YO_Z$ ، من الفقرة (جـ):

$$X : Y : Z = \frac{16.8}{12} : \frac{2.8}{1.0} : \frac{11.2}{16}$$

$$= 1.4 : 2.8 : 0.7$$

$$= 2 : 4 : 1$$

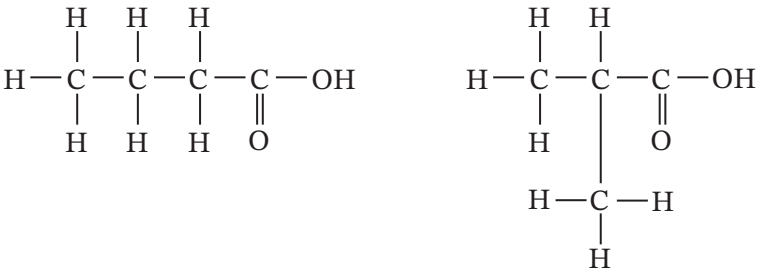
لذلك فإن الصيغة الأولية لهذا المركب هي C_2H_4O.

بعد ذلك، باستخدام العلاقة: الصيغة الجزيئية = الصيغة الأولية × n، وبما أن وزن صيغة C_2H_4O يساوي 44 والكتلة الجزيئية النسبية تساوي 88: $(n = 88 \div 44 = 2)$

لذلك فإن الصيغة الجزيئية المطلوبة هي ضعف C_2H_4O ، أي $C_4H_8O_2$

(هـ) بما أن الأحماض الكربوكسيلية تحتوي على المجموعة الوظيفية الكربوكسيلية $-C(=O)-OH$، فإن هناك صيغتين بنائيتين محتملتين لـ $C_4H_8O_2$:

بالنسبة إلى ذرات الكربون الثلاث، عدا ذرة كربون مجموعة الكربوكسيل، يمكن أن



فكّر كمهندس:

يستخدم المهندسون الكيميائيون تحليل الاحتراق للتحقق من هوية ونقاء المواد المستخدمة في الأدوية والأغذية والمواد الكيميائية الصناعية.

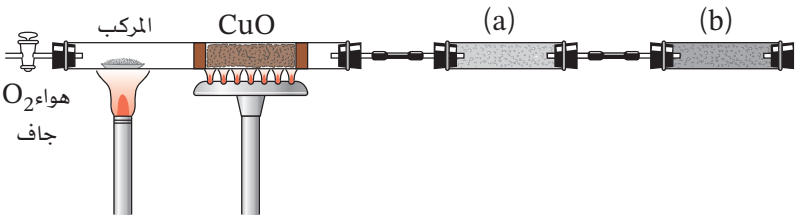
كيف يُحسّن التحليل الكيميائي الدقيق جودة المنتج والسلامة العامة؟

.....

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة الآتية:

١. باستخدام الجهاز الموضّح، حدّد الصيغة البنائية لمركب عضوي مجهول. عند احتراق 1.02 g من مركب عضوي مكوَّن من الكربون والهيدروجين والأكسجين احتراقًا كاملًا، تكوَّن 2.2 g من ثاني أكسيد الكربون و0.90 g من الماء. أجب عن الأسئلة التالية. $(H = 1.0, C = 12, O = 16)$



(i) ما دور CuO؟ اختر أفضل إجابة من (أ) إلى (د):

(أ) لمنع الاحتراق غير الكامل للعينة. (ب) لزيادة الاحتفاظ بالحرارة داخل الأنبوب الزجاجي.

(جـ) لتسريع التفاعل. (د) للحفاظ على جفاف داخل الأنبوب الزجاجي.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ii) لتحديد كتلة ثاني أكسيد الكربون الناتج، أي أنبوب — (a) أو (b) — يجب مقارنته قبل التفاعل وبعده؟

(iii) ماذا يجب أن يوضع في (a) و(b) على الترتيب؟ اختر واحدًا لكل منهما من بين الخيارات التالية:

(أ) ثاني أكسيد السيليكون (ب) هيدروكسيد الكالسيوم

(جـ) الحجر الجيري (د) بيكربونات الصوديوم

(هـ) كلوريد الكالسيوم (و) الجير الصودي

(iv) هل يمكن إجراء هذه التجربة إذا عُكس ترتيب (a) و(b)؟ فسر اجابتك بناءً على خصائص المواد الموجودة في الأنبوبين.

(v) أوجد الصيغة الأولية لهذا المركب العضوي.

(vi) بافتراض أن الكتلة الجزيئية النسبية لهذا المركب العضوي هي 102، أوجد صيغته الجزيئية.

(vii) من بين ايزومرات هذا المركب العضوي، اكتب واحدًا يحتوي على مجموعة كربوكسيلية.

٢. عند احتراق 30.0 g من المركب A المكوَّن فقط من الكربون والهيدروجين والأكسجين احتراقًا كاملًا، تكوَّن 66.0 g من ثاني أكسيد الكربون و 36.0 g من الماء. أجب عن الأسئلة التالية.

$(H = 1.0, C = 12, O = 16)$

(أ) ما كتلة الكربون الموجودة في 30.0 g من المركب A؟ قرِّب إجابتك إلى رقمين عشريين.

(ب) ما كتلة الهيدروجين الموجودة في 30.0 g من المركب A؟ قرِّب إجابتك إلى رقمين عشريين.

(جـ) ما كتلة الأكسجين الموجودة في 30.0 جم من المركب A؟ قرِّب إجابتك إلى رقمين عشريين.

(د) اكتب الصيغة الأولية للمركب A.

(هـ) أوجد الصيغة الجزيئية للمركب A. بافتراض أن الكتلة الجزيئية النسبية للمركب A تساوي 180.

تحدَّ تفكيرك:

افترض أن مركبًا مجهولًا آخر أنتج:

- 44 mg من CO_2 و 18 mg من H_2O

دون إتمام كل الحسابات: توقّع ما إذا كان هذا المركب يحتوي على كربون أكثر أم أكسجين أكثر مقارنةً بالعيّنة السابقة.

.....

برّر توقّعك.

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أثناء تحليل الاحتراق، لماذا يُضاف أكسيد النحاس (II)؟

(أ) لامتصاص ثاني أكسيد الكربون.

(ب) لامتصاص بخار الماء.

(جـ) لضمان الاحتراق الكامل.

(د) لتبريد الغازات.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

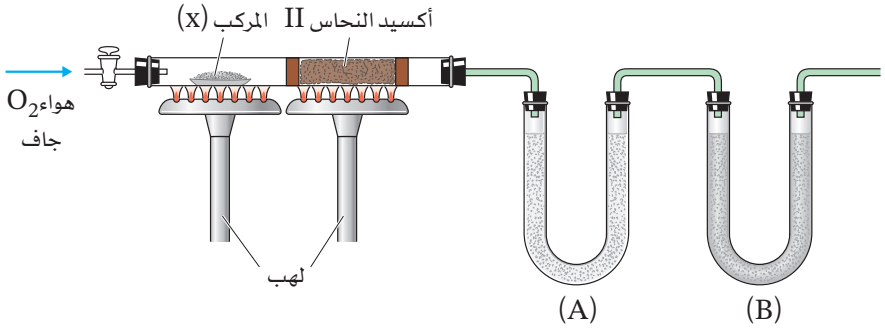
٢. أي من المواد التالية يستخدم ليجمع الماء الناتج أثناء الاحتراق؟

(أ) الجير الصودي (ب) كلوريد الكالسيوم

(جـ) أكسيد النحاس (د) محفز البلاتين

٣. مركب عضوي X مكوَّن من الكربون والهيدروجين والأكسجين فقط. أُجري تحليل عنصري للمركب X باستخدام الجهاز الموضّح في الشكل أدناه. أجب عن الأسئلة التالية.

$(H = 1.0, C = 12, O = 16)$



(i) ما دور أكسيد النحاس (II)؟ اختر أفضل إجابة مما يلي.

(أ) عامل مختزل لاختزال X اختزالًا كاملًا

(ب) عامل مؤكسد لأكسدة X أكسدة كاملة

(ii) أي من المواد التالية يجب وضعها في الأنبوب A؟ اختر الحرف المناسب مما يلي.

(أ) الجير الصودي (ب) كلوريد الصوديوم

(جـ) كلوريد الكالسيوم (د) كربونات الكالسيوم

(iii) أي من المواد التالية التي تمتص في الأنبوب B؟

(أ) ثاني أكسيد الكربون (ب) الأمونيا

(جـ) بخار الماء (الماء) (د) الأكسجين

(iv) عند احتراق 72 mg من المركب X احتراقًا كاملًا، زادت كتلة أنبوب الامتصاص A بمقدار 72 mg وزادت كتلة أنبوب الامتصاص B بمقدار 176 mg. ما الصيغة الأولية للمركب X؟ اختر واحدة مما يلي وحدِّد الحرف المناسب.

(أ) C_4H_8O (ب) $C_8H_{16}O_2$ (جـ) $C_4H_8O_2$

(د) C_6H_2O (هـ) $C_{12}H_4O_2$

٤. بناءً على النتائج في كل من (I) و(II) أدناه، أجب عن الأسئلة التالية. $(H = 1.0, C = 12, O = 16)$

(I) عند احتراق 6.0 mg من المركب العضوي A المكوَّن من الكربون والهيدروجين والأكسجين احتراقًا كاملًا، تكوَّن 13.2 mg من ثاني أكسيد الكربون و7.2 mg من الماء.

(II) عند تسخين 6.0 mg من المركب العضوي A في وعاء سعته 300 mL عند 27°C وضغط $3. \times 10^5$ pa حتى تحوّل إلى غاز، بحساب الكتلة الجزيئية النسبية باستخدام قانون الغاز المثالي وجدت 60.

(أ) أوجد الصيغة الأولية للمركب العضوي A.

(ب) أوجد الصيغة الجزيئية للمركب العضوي A.

(جـ) اكتب صيغة بنائية محتملة واحدة لكحول للمركب العضوي A.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٤-٤ — الهيدروكربونات المشبعة

مقدمة

تخيل رحلتَي تخييم.

في إحدى الرحلتين، يُشعل أحد المخيّمين موقدًا محمولًا يعمل بالغاز، فيحترق الوقود بلهب أزرق نظيف يُسخّن الماء خلال دقائق.

وفي الرحلة الأخرى، يسكب شخص ما البنزين على الأرض عن طريق الخطأ. فيتبخر الوقود بسرعة، مما يُشكّل خطر حريق كبيرًا.

ورغم أن كلا الوقودين من عائلة الألكانات، إلا أنهما يتصرفان بشكل مختلف تبعًا لتراكيبهما الجزيئية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن لتركيب الألكان أن يُفسّر خصائصه الفيزيائية وتفاعلاته الكيميائية واستخداماته العملية في الحياة اليومية؟

الاستكشاف

لاحظ المركبين التاليين:

المركب A:

هيدروكربون يحتوي على خمس ذرات كربون مرتبطة في سلسلة مستقيمة، حيث ترتبط كل ذرة كربون بالذرة التالية ف تتابع المستمر.

المركب B:

هيدروكربون له الصيغة الجزيئية نفسها (C_5H_{12})، لكن ذرات الكربون فيه مرتبة في سلسلة متفرعة، مكوّنةً نمطًا بنائيًا مختلفًا.

بناءً على ملاحظاتك، فكّر في الأسئلة التالية:

١. ما أوجه التشابه التي تلاحظها بين المركبين A وB؟ .....

٢. كيف يختلف ترتيب ذرات الكربون في كل مركب؟ .....

تعلم

١. الألكان:

(أ) الهيدروكربونات المشبعة: هيدروكربونات ترتبط فيها ذرات الكربون بروابط أحادية فقط.

عدد ذرات الكربون	اسماء العناصر	الصيغة الجزيئية
1	الميثان	CH_4
2	الإيثان	C_2H_6
3	البروبان	C_3H_8
4	البيوتان	C_4H_{10}
5	البنتان	C_5H_{12}
6	الهكسان	C_6H_{14}

جدول 1-4-4: الألكانات مفتوحة السلسلة (المستقيمة)

(ب) الألكان: هيدروكربونات مشبعة مفتوحة السلسلة.

الصيغة العامة هي C_nH_{2n+2}. (انظر الجدول السابق)

(ج) مجموعة الألكيل: مجموعة هيدروكربونية تتكوّن بنزع ذرة هيدروجين واحدة من جزيء ألكان. (انظر الجدول أدناه)

بنية العلم

حقيقة أساسية:

- الألكانات هيدروكربونات مشبعة.
- تحتوي على روابط تساهمية أحادية فقط.
- تدخل في تفاعلات إحلال مع الهالوجينات.

المفاهيم الأساسية:

- الألكان.
- الهيدروكربونات المشبعة.
- مجموعة الألكيل.
- الألكان الحلقي.
- تفاعل الاستبدال.
- المجموعة المستبدِلة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

جدول 2-4-4 أمثلة على مجموعات الألكيل

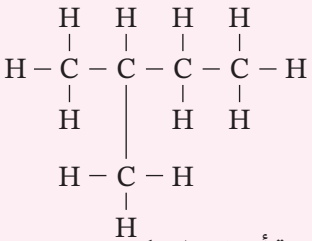
الاسم	التركيب
مجموعة الميثيل	CH_3-
مجموعة الإيثيل	CH_3CH_2-
مجموعة البروبيل	$CH_3CH_2CH_2-$
مجموعة الإيزوبروبيل	$(CH_3)_2CH-$

(د) **تسمية الألكانات:** في الألكانات المتفرعة، تُسمى أطول سلسلة متصلة من ذرات الكربون بالسلسلة الرئيسية، وتُسمى التفرعات بالسلاسل الجانبية.

• يُبنى اسم الألكان المتفرع كالتالي:

رقم موضع السلسلة الجانبية + اسم السلسلة الجانبية + اسم السلسلة الرئيسية

مثال: بالنسبة إلى الألكان الموضّح في الشكل الأصلي:



• موضع السلسلة الجانبية هو 2.

• السلسلة الجانبية هي مجموعة الميثيل.

• السلسلة الرئيسية هي البيوتان.

← الاسم هو 2-ميثيل بيوتان.

• رقِّم السلسلة بحيث يكون رقم موضع السلسلة الجانبية أصغر ما يمكن.

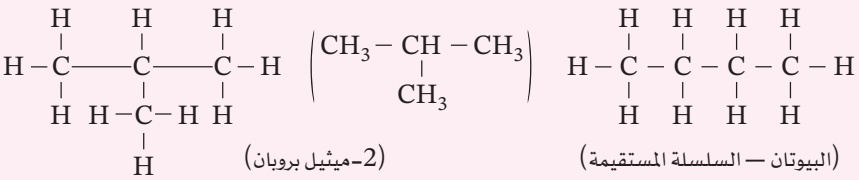
• عند وجود عدة سلاسل جانبية متماثلة، استخدم البادئات ثنائي- (2)، ثلاثي- (3)، أو رباعي- (4) قبل اسم السلسلة الجانبية.

ترقم السلسله الريسيه بحيث تاخذ السلسله الجانبيه اقل رقم ممكن اذا كان هناك اكثر من سلسله الجانبيه متماثله استخدم البدات
Di=2
tri=3
tetra-4
لسلسله الجانبيه قبل

(هـ) **تركيب الألكانات:**

• الألكانات التي تحتوي على 4 ذرات كربون أو أكثر لها ايزومرات بنائية.

مثال: يوجد ايزوميران بنائيان لألكان مكوَّن من 4 ذرات كربون.



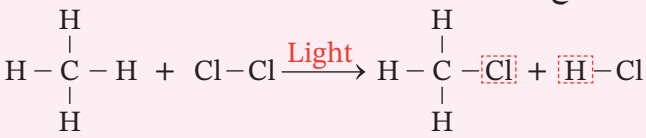
تُكتب الصيغة البنائية أحيانًا بطريقة مبسطة كالتالي:
$H_3C-CH_2-CH_2-CH_3$

(و) **تفاعلات الألكانات:**

• عند الاحتراق الكامل، تُنتج ثاني أكسيد الكربون والماء.

• عندما يُعرَّض خليط من ألكان وهالوجين للضوء، تُستبدل ذرات الهيدروجين في جزيء الألكان بذرات الهالوجين.

مثال: تفاعل الميثان مع الكلور.



موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

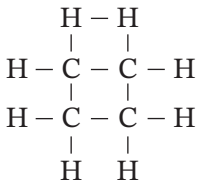
ملاحظة: يُسمى التفاعل الذي تُستبدَل فيه ذرة أو مجموعة ذرات في الجزيء بذرة أو مجموعة ذرات أخرى بهذه الطريقة تفاعل استبدال (إحلال)، وتُسمى الذرة أو مجموعة الذرات التي تحل محل الذرة أو المجموعة الأصلية مستبدِلًا (مجموعة مستبدِلة). وتُسمى الذرة أو المجموعة المُستبدَلة (بالمجموعة المغادرة).

(ز) الألكان الحلقي:

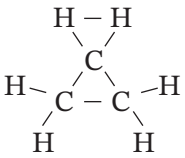
هيدروكربونات مشبعة حلقية. الصيغة العامة هي C_nH_{2n} $(n \geq 3)$.

أمثلة على الألكانات الحلقية:

سيكلوبيوتان (حلقة من 4 ذرات كربون)



سيكلوبروبان (حلقة من 3 ذرات كربون)



تطبيق حياتي:

تحتوي أنواع الوقود المختلفة على ألكانات مختلفة.

- يُستخدم الميثان في المنازل لأنه يحترق بشكل نظيف.
- يُستخدم البروبان في تشغيل المواقد المحمولة ومعدات التخييم.
- يُستخدم البنزين في تشغيل السيارات.
- يحتوي الديزل على هيدروكربونات ذات سلاسل أطول للمركبات الثقيلة.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اكتب اسم المادة الممثَّلة بالصيغة البنائية التالية:

$$CH_3 — CH_2 — CH_2 — CH_3$$

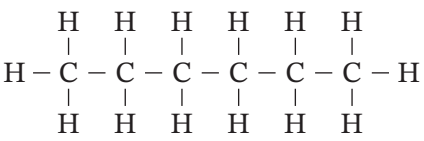
(ب) اكتب جميع الصيغ البنائية والأسماء للايزوميرات البنائية للألكان الذي له الصيغة الجزيئية C_6H_{14}.

الشرح

(أ) بما أنه ألكان مستقيم السلسلة مكوَّن من 4 ذرات كربون، فهو البيوتان.

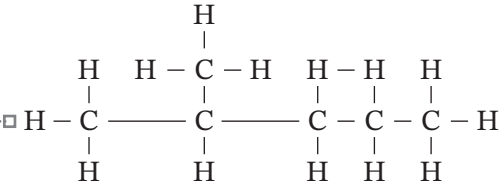
(ب) يوجد 5 ايزوميرات للألكان المكوَّن من 6 ذرات كربون.

الصيغة البنائية:



(سلسلة مستقيمة) الاسم: الهكسان

الصيغة البنائية:



الاسم: 2-ميثيل بنتان

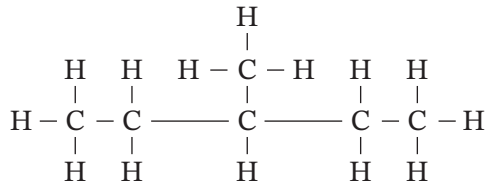
السلسلة الرئيسية 5 ذرات كربون، والسلسلة الجانبية متصلة بالذرة الثانية

كن مواطنًا عالميًا

يؤدي حرق الوقود الأحفوري إلى انبعاث ثاني أكسيد الكربون الذي يساهم في تغيّر المناخ. ويعمل العلماء والمهندسون على تطوير أنواع وقود أنظف مثل الوقود الحيوي، والهيدروجين الأخضر، والهيدروكربونات الاصطناعية للحد من الآثار البيئية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

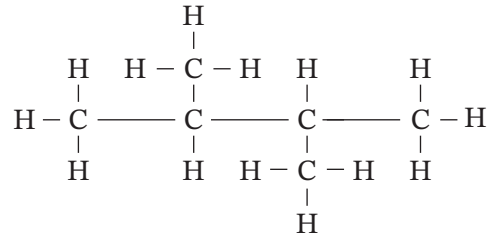
الصيغة البنائية:



السلسلة الرئيسية 5 ذرات كربون، والسلسلة الجانبية متصلة بالذرة الثالثة

الاسم: 3-ميثيل بنتان

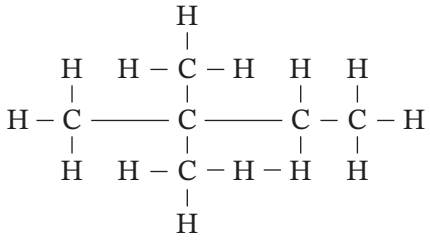
الصيغة البنائية:



السلسلة الرئيسية 4 ذرات كربون، والسلستان الجانبيتان متصلتان بذرتين

الاسم: 3،2-ثنائي ميثيل بيوتان

الصيغة البنائية:



السلسلة الرئيسية 4 ذرات كربون، والسلستان الجانبيتان متصلتان بالذرة

الاسم: 2،2-ثنائي ميثيل بيوتان

توقع:

يتفاعل الميثان مع الكلور ببطء شديد في الظلام.

توقَّع ماذا سيحدث إذا تعرَّض الخليط للأشعة فوق البنفسجية.

اشرح تعليلك قبل قراءة التفاعل.

حاول بنفسك:

أجب:

١. أجب عن الأسئلة الآتية:

(أ) املأ الفراغات بالكلمات المناسبة في النص التالي:

في الهيدروكربونات المستقيمة السلسلة، تُسمى حسب عدد ذرات الكربون، فمثلًا CH_4 هو الميثان، و C_2H_6 هو (i)، و C_3H_8 هو البروبان، و C_4H_{10} هو (ii)، وهو ما يشكّل أساس تسمية المركبات العضوية.

(ب) لكل فراغ في الجمل التالية، اختر إجابة واحدة من A إلى D.

(i) عندما يُخلط الألكان بالكلور أو البروم و( )، يحدث تفاعل استبدال.

(أ) تسخين بطيء. (ب) تعريض للضوء.

(جـ) تسخين بدرجة حرارة عالية. (د) ترك في الظل.

(ii) بالنسبة للألكان الممثَّل بالصيغة C_5H_{12}، يوجد ( ) من الأيزومرات البنائية.

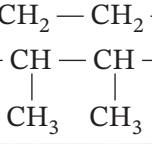
(أ) 2 (ب) 3 (جـ) 4 (د) 5

٢. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمركبات العضوية.

(أ) سمِّ المادة الممثَّلة بالصيغة البنائية التالية:

(i) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$

(ii)



موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ب) اكتب الصيغ البنائية للمواد التالية. إذا كان هناك أكثر من احتمال، ارسمها جميعًا.

(i) السيكلوبنتان (ii) الألكان الممثَّل بالصيغة C_4H_{10}

تحدَّ تفكيرك:

يمكن أن تشترك الألكانات الحلقية والألكانات المستقيمة السلسلة في الصيغة الجزيئية نفسها.

على سبيل المثال:

السيكلوبيوتان ← C_4H_8 البيوتين ← C_4H_8

لماذا يُصنَّف أحدهما ضمن الهيدروكربونات المشبعة بينما يُصنَّف الآخر ضمن الهيدروكربونات غير المشبعة؟

.....

اشرح إجابتك بالاستناد إلى الترابط والتركيب الجزيئي.

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. هيدروكربون له الصيغة الجزيئية C_5H_{12}. ما الذي يفسّر امتلاكه ثلاثة تراكيب مختلفة؟

(أ) اختلاف الكتل الجزيئية. (ب) اختلاف المجموعات الوظيفية.

(جـ) اختلاف ترتيب ذرات الكربون. (د) اختلاف أعداد ذرات الهيدروجين.

٢. يُعرِّض كيميائي خليطًا من الميثان والكلور لأشعة الشمس. أي نوع من التفاعلات يحدث؟

(أ) إضافة (ب) احتراق

(جـ) إحلال (د) تعادل

أجب عن السؤال التالي:

٣. املأ الفراغات بالكلمات أو الصيغ الكيميائية أو الأرقام المناسبة للصيغة العامة، استخدم n لتمثيل عدد ذرات الكربون.

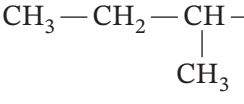
تُسمى الهيدروكربونات غير الحلقية التي لا تحتوي علي روابط غير المشبعة (الثنائية أو الثلاثية) (i)، وتُمثَّل بالصيغة العامة (ii). وعند ترتيب أفراد السلسلة المستقيمة منها تصاعديًّا حسب عدد ذرات الكربون هي (iii)، الإيثان، (iv)، البيوتان، (v)، وهكذا. وتوجد ايزوميرات بنائية لـ (i) التي تحتوي على (vi) ذرات كربون أو أكثر؛ فمثلًا، للبيوتان ايزوميران ، ولـ (v) يوجد (vii) من الايزوميرات. وهذه المركبات شديدة القابلية للاشتعال، ويُنتج احتراقها الكامل (viii) و (ix) (بأي ترتيب).

٤. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمركبات العضوية.

(أ) اكتب أسماء المواد الممثَّلة بالصيغة البنائية التالية:

(i) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$

(ii)



(ب) اكتب الصيغ البنائية للمواد التالية. إذا كان هناك أكثر من احتمال، اكتبها جميعًا.

(i) السيكلوبروبان (ii) الألكان الممثَّل بالصيغة C_5H_{12}

الكيمياء عبر التخصصات

يدرس المهندسون الألكانات عند تصميم أنواع وقود عالية الكفاءة.

يراقب علماء البيئة انبعاثات الهيدروكربونات.

ويبحث الجيولوجيون في الهيدروكربونات أثناء استكشاف النفط.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٥-٤ — الهيدروكربونات غير المشبعة (١) (الألكينات)

مقدمة

تُصنَّع يوميًا ملايين الأكياس والزجاجات والأنابيب وعلب الطعام البلاستيكية من غاز بسيط يُسمى الإيثيلين. كما يساعد هذا الجزيء الفاكهة على النضج طبيعيًا على الأشجار وفي منشآت التخزين. كيف يمكن لجزيء صغير واحد أن يؤدي أدوارًا مختلفة إلى هذا الحد؟

في هذا الدرس، سنستكشف كيف يمنح وجود رابطة ثنائية بين ذرتي كربون الألكينات خصائص مميزة، ويفسر تفاعلاتها الكيميائية، ويجعلها ذات قيمة في كل من الأنظمة البيولوجية والتطبيقات الصناعية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن لوجود رابطة ثنائية بين ذرتي كربون أن يغير من خصائص المركبات العضوية وتفاعلاتها وتطبيقاتها؟

الاستكشاف

انظر إلى الأشياء اليومية التالية:

- موزة خضراء
- موزة ناضجة
- كيس بلاستيكي للتسوق
- زجاجة بلاستيكية

رغم اختلافها الظاهري التام، إلا أنها ترتبط جميعًا بجزيء بسيط واحد: الإيثين (الإيثيلين).

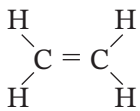
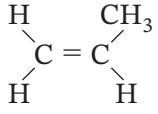
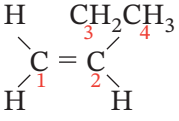
فكّر في:

- ما الذي يتغيّر أثناء نضج الموزة؟ .....
- لماذا تُصنع الكثير من المنتجات البلاستيكية اليومية من الإيثين؟ .....
- ما الخصائص التي تجعل هذا الجزيء مفيدًا للكائنات الحية وفي الصناعة؟ .....

تعلم

١. الألكين:

(أ) الهيدروكربونات غير المشبعة: هيدروكربونات ترتبط فيها ذرات الكربون بروابط ثنائية.

عدد ذرات الكربون	الاسم	الصيغة الجزيئية
2	الإيثين (الإيثيلين)	
3	البروين (البروبيلين)	
4	1-بيوتين	

الجدول 4-5-1 (أمثلة على الألكينات)

بنية العلم

حقيقة أساسية:

تُعد الرابطة الثنائية بين ذرتي الكربون من أكثر المواضع نشاطًا في الكيمياء العضوية؛ لأنها تحتوي على منطقة مرتفعة الكثافة الإلكترونية يمكنها المشاركة بسهولة في التفاعلات.

المفاهيم الأساسية:

- الهيدروكربونات غير المشبعة.
- ايزوميرات سيس/ترانس
- الألكين الحلقي
- تفاعل الإضافة
- بلمرة بالإضافة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ب) **الألكين:** هيدروكربون غير مشبع مفتوح السلسلة يحتوي على رابطة **ثنائية واحدة**.

وله الصيغة العامة هي C_nH_{2n}.

(جـ) **تسمية الألكينات:** (كما بالجدول السابق)

- يُشتق اسم الألكين بتغيير نهاية اسم الألكان الذي له **العدد نفسه** من ذرات الكربون من «ـان» إلى «ـين».
- في الألكينات التي تحتوي على أربع ذرات كربون أو أكثر، يُحدَّد موضع ذرة الكربون التي تبدأ عندها الرابطة الثنائية برقم، مع اختيار أصغر رقم ممكن.

(د) **خواص الألكينات:**

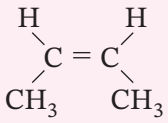
- تقع ذرتا الكربون المكوّنتان للرابطة الثنائية C=C والذرات الأربع المرتبطة بهما مباشرة في **المستوى نفسه** (مستوية).

(هـ) **الأيزوميرات سيس-ترانس (الأيزوميرات الهندسية):**

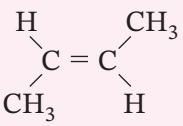
(i) الأيزومير سيس: ايزوميرات تكون فيها الذرات أو المجموعات المتماثلة على **الجانب نفسه** من الرابطة الثنائية.

(ii) الأيزومير ترانس: ايزوميرات تكون فيها الذرات أو المجموعات المتماثلة على **جانبين متقابلين** من الرابطة الثنائية.

مثال: الأيزوميرات سيس-ترانس لـ2-بيوتين



الأيزوميرسيس (سيس-2-بيوتين)



الأيزوميرترانس (ترانس-2-بيوتين)

(و) **الألكين الحلقي:** هيدروكربون حلقي غير مشبع يحتوي على رابطة ثنائية واحدة. الصيغة العامة لها C_nH_{2n-2} (حيث $n \geq 3$).

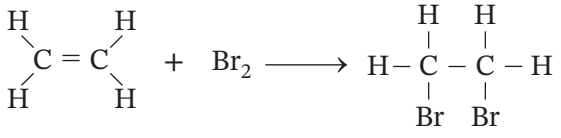
٢. تفاعلات الإيثيلين C_2H_4:

(أ) عملية تصنيع الإيثيلين: يُنتج الإيثيلين بتسخين مزيج من الإيثانول وحمض الكبريتيك المركّز إلى درجة حرارة $160°-170°$م. ◻

يُنزع الماء من الإيثانول C_2H_5OH

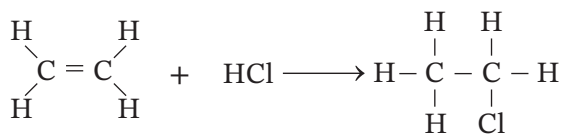
(ب) تفاعل الإضافة: تفاعل تضاف فيه ذرات أو مجموعات ذرات أخرى إلى رابطة غير مشبعة مثل الرابطة الثنائية، بتفاعل الإضافة، تتحول الرابطة الثنائية إلى رابطة أحادية.

- **تفاعل إضافة البروم:**



ايثيلين — بروم — 1،2- ثنائي بروموإيثان

- **تفاعل إضافة كلوريد الهيدروجين:**

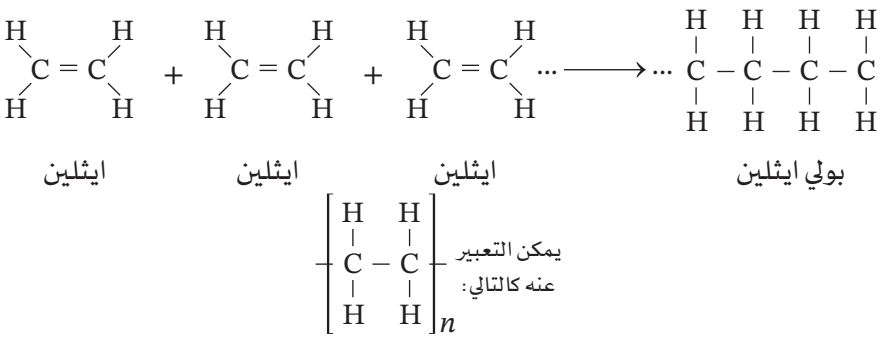


الايثيلين — كلوريد الهيدروجين — كلورو ايثان

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(جـ) **بلمرة الإضافة:** تفاعل تخضع فيه جزيئات عديدة لتفاعلات إضافة متتالية لتكوين بوليمر طويل السلسلة.

• **إنتاج البولي إيثيلين:**



تطبيق حياتي:

تُطلق الفواكه مثل الموز والتفاح والطماطم غاز الإيثيلين أثناء نضجها.

تتحكم منشآت تخزين الفاكهة التجارية بعناية في تركيز الإيثيلين لتأخير النضج أثناء النقل أو تسريعه قبل وصول المنتجات إلى الأسواق.

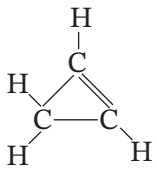
مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

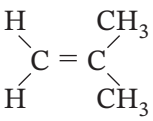
(أ) أجب عن السؤالين (i) و(ii).

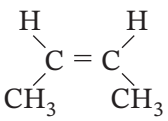
(i) اكتب أسماء المركبات الممثَّلة بالصيغ البنائية التالية:

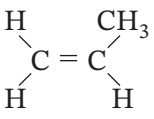
١. $CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - CH_3$

٢. 

(ii) اخترمن التراكيب من A إلى C التركيب الذي له ايزوميران سيس–ترانس:

(١) 

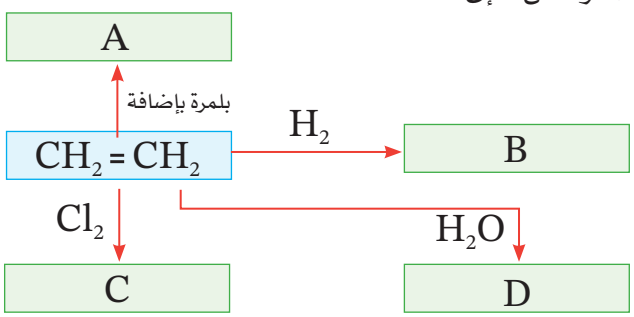
(٢) 

(٣) 

(ب) أجب عن الأسئلة التالية من الشكل الموضح والذي يبين تفاعلات الإيثيلين.

(i) اكتب الصيغ البنائية للمواد من A إلى C.

(ii) اكتب أسماء المواد من A إلى D.



D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الشرح

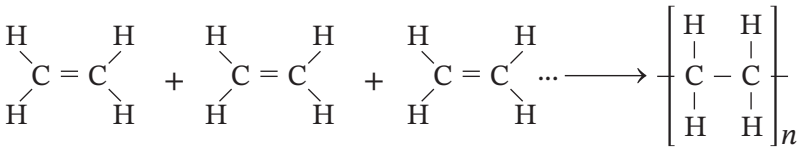
(أ) (i) A: غيّر المقطع "-ان" في البنتان، وهو ألكان يحتوي على 5 ذرات كربون، إلى "-ين" لتحصل على البنتين. وبما أن الرابطة الثنائية عند ذرة الكربون الأولى، فإنه يُسمى 1- بنتين.

(يُحسب موضع الرابطة الثنائية من الاتجاه الذي يعطي الرقم الأصغر).

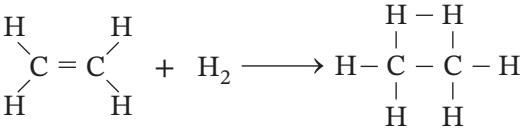
B: بما أنه ألكين حلقي يحتوي على 3 ذرات كربون، فإنه يُسمى السيكلوبروبين.

(ii) إذا كانت الذرات أو المجموعات المرتبطة بذرتي الكربون المكوّنتين للرابطة الثنائية C=C متماثلة، فلا توجد ايزوميرات سيس /ترانس في A، ترتبط الذرات أو المجموعات نفسها بكلتا ذرتي الكربون، وفي C، الذرات المرتبطة بإحدى ذرتي الكربون متماثلة، لذا لا توجد ايزوميرات سيس /ترانس، لذلك، الإجابة هي B.

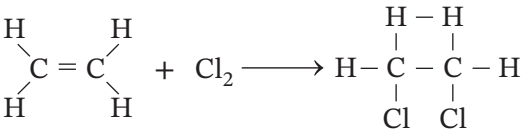
(ب) (i) A: عند خضوع الإيثيلين لبلمرة الإضافة فهو يتفاعل كما يلي:



B: عند تفاعل الإيثيلين مع الهيدروجين يحدث تفاعل الإضافة كالتالي:



C: عند تفاعل الإيثيلين مع الكلور Cl_2 تفاعل الإضافة التالي:



(ii) A: البولي إيثيلين ، B: الإيثان ، C: 1-2 يحدث ثنائي كلورو إيثان

(إضافة الماء)
الإيثيلين ⇆ الإثانول – H_2O (نزع الماء)

D: عند نزع الماء من الإيثانول، يُنتَج الإيثيلين. وعلى العكس، عند إضافة الماء H_2O إلى الإيثيلين، يُنتَج الإيثانول.

فكر بشكل نقدي:

سيناريو:

اكتشف علماء نوعين من الهيدروكربونات لهما الصيغة الجزيئية نفسها C_4H_8.

أحدهما يتفاعل بسرعة مع ماء البروم، والآخر يتفاعل ببطء أكبر بكثير.

دون إجراء أي اختبارات إضافية، ماذا يمكن أن تستنتج بخصوص بنيتيهما الجزيئيتين؟ اشرح تفكيرك.

.....

كن مواطنًا عالميًا

تُنتَج كل عام ملايين الأطنان من البولي إيثيلين المصنع من الإيثيلين. ورغم أن البلاستيك يحسّن الحياة الحديثة، فإن التخلص غير السليم منه يسهم في التلوث العالمي. يعمل علماء حول العالم على تطوير بلاستيك قابل للتحلل وتقنيات إعادة تدوير متقدمة لخلق مستقبل أكثر استدامة.

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) ما اسم التفاعل الذي تضاف فيه ذرات أو مجموعات ذرات إلى رابطة غير مشبعة مثل الرابطة الثنائية أو الثلاثية؟

(ب) ما اسم التفاعل الذي تخضع فيه جزيئات عديدة للتفاعل في (أ) بشكل متتالٍ لتكوين بوليمر طويل السلسلة؟

(جـ) اكتب الصيغة البنائية واسم المادة الناتجة عن تفاعل $CH_2 = CH_2$ في (ب).

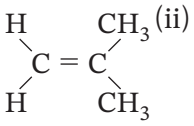
موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمركبات العضوية.

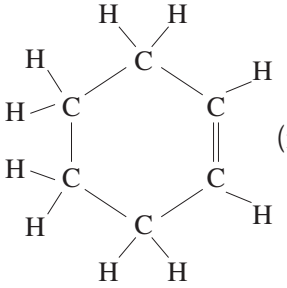
(أ) اكتب أسماء المواد الممثَّلة بالصيغ البنائية التالية:

(i) $CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$

(ii)

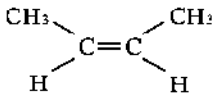


(iii)

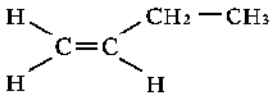


(ب) أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالصيغ البنائية (A) إلى (G):

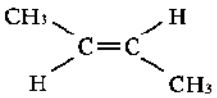
(A)



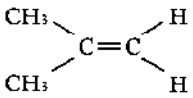
(B)



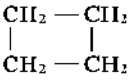
(C)



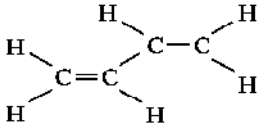
(D)



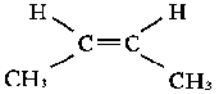
(E)



(F)



(G)

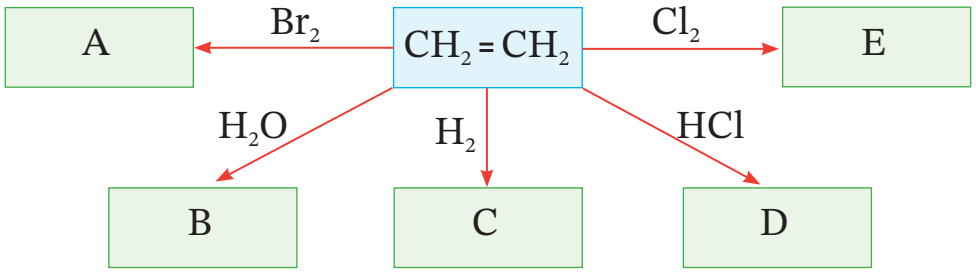


(i) اخترجميع المواد التي تُعد ايزوميرات بنائية للمادة (A) من بين (B) إلى (G).

(ii) اخترجميع المواد التي تُعد ايزوميرات سيس-ترانس للمادة (A) من بين (B) إلى (G).

٣. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالشكل الذي يوضح تفاعلات $CH_2 = CH_2$

(مع Br_2 و Cl_2 و H_2O و H_2 و HCl لإنتاج A إلى E)



(أ) اكتب أسماء المواد من (A) إلى (E).

(ب) اكتب الصيغ البنائية للمواد من (A) إلى (E).

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. يريد أحد الكيميائيين إنتاج البولي إيثيلين. ما التفاعل الذي ينبغي استخدامه؟

(أ) الاحتراق (ب) الإحلال

(جـ) إحلال (د) بلمرة الإضافة

٢. أي مما يلي يعبر عن ملاحظة تجريبية تقدّم دليلًا على أن مركبًا مجهولًا غير مشبع؟

(أ) يذوب في الماء (ب) له درجة غليان منخفضة

(جـ) يحترق بلهب أزرق (د) يزيل لون ماء البروم

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣. اختر الكلمات أو الصيغ الكيميائية المناسبة للفراغات في الجمل التالية من A إلى D، واختر الحرف المناسب.

(i) الألكينات لها نفس الصيغة العامة لـ( ) بنفس عدد ذرات الكربون.

(أ) الألكانات (ب) الألكاينات

(جـ) الألكانات الحلقية (د) الأحماض الكربوكسيلية

(ii) ( ) له ايزوميران من النوع سيس–ترانس

(أ) $CH_2 = CH_2$ (ب) $CH_3CH = CH_2$

(جـ) $CH_2 = CHCH_3$ (د) $CH_3CH = CHCH_3$

(iii) في ( )، تقع جميع الذرات في المستوى نفسه.

(أ) الميثان (ب) الإيثان

(جـ) الإيثيلين (د) السيكلوبروبان

٤. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمركبات العضوية.

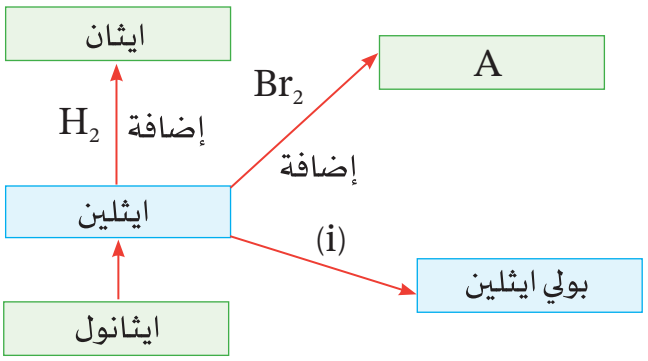
(أ) اكتب أسماء المواد التي لها الصيغ البنائية التالية:

(i) $CH_3 - CH = C(CH_3) - CH_3$ (ii) $H_2C = CH - CH_3$

(ب) اكتب الصيغ البنائية للمركبات من (i) إلى (iv) والتي تحقق الشروط التالية:

- (i) إلى (iv) جميعها ألكينات ممثَّلة بالصيغة الجزيئية C_4H_8.
- اسم المادة ذات الصيغة البنائية (i) هو 1–بيوتين.
- (i) و(ii) و(iii) ايزوميرات بنائية لبعضها البعض.
- (iii) و(iv) ايزوميران سيس–ترانس لبعضهما البعض، و(iii) هو الأيزوميرسيس.

٥. يوضح الشكل العلاقة المتبادلة بين تفاعلات المركبات العضوية. أجب عن الأسئلة التالية.



(أ) يُنتَج الإيثيلين بنزع الماء من جزيء الإيثانول. اختر العملية الصحيحة لذلك.

A. اضافة حمض الهيدروكلوريك المركّز إلى الإيثانول وسخّن عند حوالي 130–140°م.

B. اضافة حمض الكبريتيك المركّز إلى الإيثانول وسخّن عند حوالي 130–140°م.

C. أضف حمض الهيدروكلوريك المركّز إلى الإيثانول وسخّن عند حوالي 160–170°م.

D. أضف حمض الكبريتيك المركّز إلى الإيثانول وسخّن عند حوالي 160–170°م.

(ب) ما اسم المركب A.

(جـ) ما اسم التفاعل (i)؟ اختر إجابة واحدة من A إلى E.

(أ) التعادل (ب) التكامل (جـ) نزع الماء (د) البلمرة (هـ) الاختزال

تحدَّ تفكيرك:

يتكوّن البولي إيثيلين بالكامل من الكربون والهيدروجين. لماذا لا يتصرف مثل الإيثيلين؟ .....

اشرح كيف يغيّر تغيّر حجم الجزيء خصائص المادة. .....

الكيمياء عبر التخصصات

- يصمم المهندسون بلاستيكًا أقوى باستخدام كيمياء البوليمرات.
- يستخدم علماء الزراعة الإيثيلين للتحكم في نضج الفاكهة.
- يبحث علماء البيئة في البوليمرات القابلة للتحلل.
- يطوّر المهندسون الطبيون الحيويون مفاصل صناعية ومواد تعويضية من البوليمرات.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٦-٤ — الهيدروكربونات غير المشبعة (٢) (الألكاينات)

مقدمة

تخيّل مشاهدة لحّام يُصلح جسرًا باستخدام لهب شديد الحرارة يمكنه إذابة الفولاذ خلال ثوانٍ. والمثير أن الوقود المسؤول عن هذا اللهب القوي هو هيدروكربون بسيط يُسمى الأسيتيلين. ويُستخدم الجزيء نفسه أيضًا في تصنيع البلاستيك والألياف الصناعية والعديد من المواد الكيميائية الصناعية المهمة.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف تمنح الرابطة الثلاثية الفريدة بين ذرتي كربون الألكاينات بنيتها المميزة وتفاعليتها العالية ونطاقها الواسع من التطبيقات الصناعية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يغيّر استبدال الرابطة الثنائية برابطة ثلاثية خصائص الهيدروكربون وسلوكه الكيميائي؟

بنية العلم

حقيقة أساسية:

تتكوّن الرابطة الثلاثية بين ذرتي الكربون من رابطة سيجما (σ) واحدة ورابطتي باي (π)، مما يجعل الألكاينات أكثر تفاعلية من الألكانات وملائمة للعديد من تفاعلات الإضافة.

المفاهيم الأساسية:

- الهيدروكربونات غير المشبعة
- الألكاينات

الاستكشاف

يُستخدم الأسيتيلين في اللحام لأن اللهب الناتج عن احتراقه يمكن أن يصل إلى درجات حرارة تفوق 3000°C ، مما يجعله ساخنًا بما يكفي لقطع المعادن ولحامها.

وفي الوقت نفسه، يستخدم الكيميائيون الأسيتيلين كمادة أولية لإنتاج البلاستيك والمطاط الصناعي والأدوية ومواد كيميائية قيّمة أخرى.

فكّر في:

- لماذا يمكن لجزيء صغير واحد أن يطلق هذا القدر من الطاقة؟

.....

- ما السمة التركيبية التي تجعله أكثر نشاطا من العديد من الهيدروكربونات الأخرى؟

.....

تعلم

١. الألكاينات:

(أ) **الألكاين:** هيدروكربون غير مشبع مفتوح السلسلة يحتوي على **رابطة ثلاثية واحدة**. وله الصيغة العامة C_nH_{2n-2}

(ب) **تسمية الألكاينات:** بتغيير المقطع "-ان" في اسم الألكان المماثل له في عدد ذرات الكربون إلى "-اين".

(جـ) **تركيب الألكاينات:** تقع ذرتا الكربون المكوّنتان للرابطة الثلاثية $C \equiv C$ والذرتان المرتبطتان بهما مباشرة على خط مستقيم واحد (خطية). الألكاينات ليس لها ايزوميرات سيس-ترانس.

طبيعة العلم: التنبؤ

يتفاعل الأسيتيلين مع البروم أسرع بكثير من الميثان.

تنبّأ: لماذا يتفاعل هيدروكربون واحد على الفور بينما لا يُظهر آخر أي تفاعل يُذكر تحت الظروف نفسها؟

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. تفاعلات الأسيتيلين C_2H_2:

الصيغة البنائية للأسيتيلين هي $CH \equiv CH$.

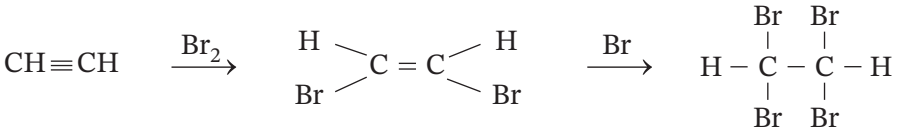
(أ) **عملية تصنيع الأسيتيلين:** يتم انتاج الأسيتيلين بإضافة الماء إلى كربيد الكالسيوم (CaC_2).

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

(ب) تفاعلات الإضافة:

(i) إضافة جزيئات الهيدروجين: بإضافة جزيء واحد من الهيدروجين ينتج الإيثيلين، بإضافة جزيئين ينتج الإيثان.

(ii) إضافة الهالوجينات: يضاف جزيئان من الهالوجين إلى جزيء واحد من الأسيتيلين.



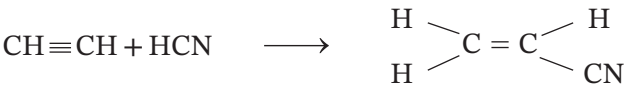
1,1,2,2- رباعي بروموايثان — 1, 2- ثنائي بروموايثان

(iii) إضافة مواد أخرى:

- **إضافة كلوريد الهيدروجين HCl:** ينتج كلوريد الفينيل $CH_2 \equiv CHCl$.

(كلوريد الفينيل)

- **إضافة سيانيد الهيدروجين HCN:** ينتج الأكريلونيتريل $CH_2=CHCN$.

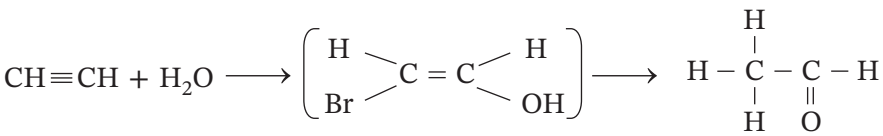


(الأكريلونيتريل)

- إضافة حمض الأسيتيك CH_3COOH: ينتج أسيتات الفينيل $CH_2=CHOCOCH_3$.

(أسيتات الفينيل)

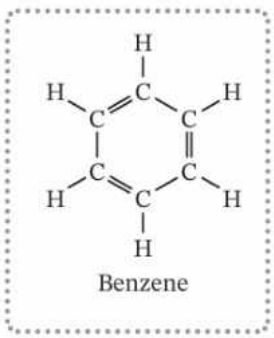
- **إضافة الماء H_2O:** ينتج الأسيتالدهيد CH_3CHO مرورا بكحول الفينيل غير المستقر.



(كلوريد الفينيل) — الأسيتالدهيد

(iv) البلمرة الثلاثية (بلمرة 3 جزيئات):

تتحد 3 جزيئات من الأسيتيلين حلقيًا لتكوين البنزين C_6H_6.



D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

تطبيق حياتي: أواني الضغط:

يُستخدم الأكريلونيتريل في تصنيع:

- ألياف الكربون للطائرات
- خوذات الحماية
- المعدات الرياضية
- المنسوجات الصناعية
- مكونات السيارات.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

أجب عن الأسئلة التالية.

(أ) ما اسم المادتين (i) و(ii)؟

(i) $CH \equiv C-CH_3$ (ii) $CH_3 - C \equiv C - CH_3$

(ب) اكتب الصيغة البنائية واسم المادة الناتجة من إضافة المواد من (i) إلى (iv) إلى جزيء واحد من الأسيتيلين.

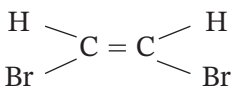
(i) جزيء واحد من الهيدروجين (ii) جزيئان من الهيدروجين

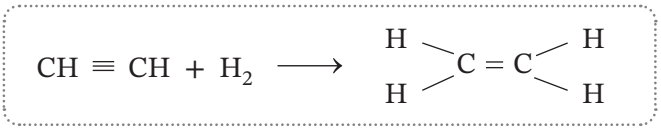
(iii) جزيئان من البروم (iv) جزيء واحد من الماء

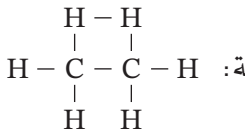
الشرح

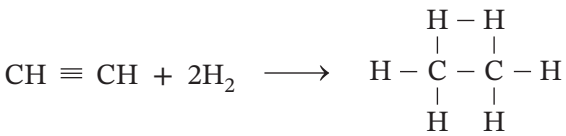
(أ) (i) غيّر المقطع "-ان" في البروبان، وهو ألكان يحتوي على 3 ذرات كربون، إلى "-اين". البروباين.

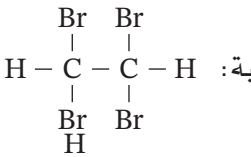
(ii) غيّر المقطع "-ان" في البيوتان، وهو ألكان يحتوي على 4 ذرات كربون، إلى "-اين" لتحصل على البيوتاين. وبما أن الرابطة الثلاثية عند ذرة الكربون الثانية، فإنه يُسمى 2-بيوتاين. (يُحسب موضع الرابطة الثلاثية من الاتجاه الذي يعطي الرقم الأصغر).

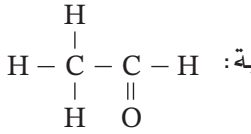
(ب) (i) الصيغة البنائية:  الاسم: الإيثيلين (الإيثين)



(ii) الصيغة البنائية:  الاسم: الإيثان



(iii) الصيغة البنائية:  الاسم: 1،1،2،2-رباعي بروموإيثان

(iv) الصيغة البنائية:  الاسم: الأسيتالدهيد

(عند إضافة جزيء ماء واحد، يتحول أولًا إلى كحول الفينيل $CH_2 = CHOH$، ولكن نظرًا لعدم استقراره، يتحول إلى الأسيتالدهيد.)

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

حاول بنفسك:

1. اجب عن الأسئلة الآتية:

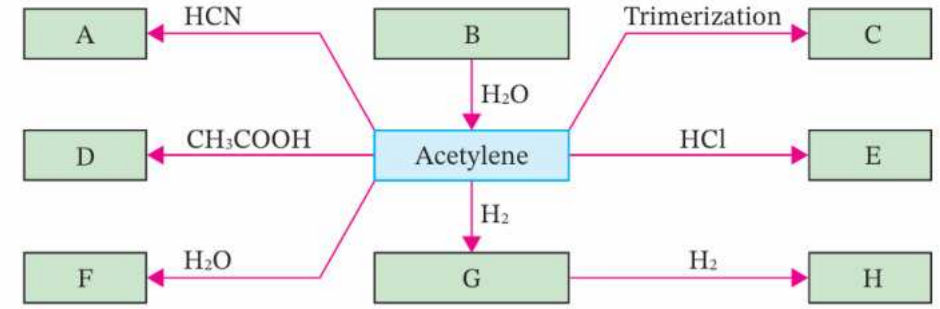
(أ) أكتب أسماء المواد التي لها الصيغ البنائية التالية:

(i) $CH \equiv CH$ (ii) $CHBr_2-CHBr_2$

(ب) اكتب الصيغ البنائية لـ 1-بيوتاين و2-بيوتاين، وهما ايزوميران بنائيان لبعضهما البعض.

2. يوضح الشكل التالي مسارات تحضير مركبات مرتبطة بالأسيتيلين:

(بإضافة HCN و H_2O و CH_3COOH و HCl و H_2 والبلمرة الثلاثية لإنتاج المواد من A إلى H).



(أ) اكتب اسماء المواد من A إلى H.

(ب) أي من العبارات التالية عن المادة G صحيحة؟ اختر واحدة من I إلى IV.

(i) يمكن للرابطة بين ذرتي الكربون أن تدور.

(ii) عند إضافة جزيء واحد من الكلور Cl_2، ينتج 1،1-ثنائي كلورو إيثان.

(iii) جميع الذرات المكوّنة له موجودة في نفس المستوى.

(iv) يتفاعل بالإحلال بسهولة.

(جـ) اكتب الصيغة البنائية للمادة الناتجة عند إضافة جزيئين من البروم Br_2 إلى جزيء واحد من الأسيتيلين.

تحدَّ تفكيرك:

تتحد ثلاثة جزيئات من الأسيتيلين لتكوين البنزين.

كيف يمكن لعدة جزيئات صغيرة أن تتحد لإنتاج مركب مختلف تمامًا بخصائص جديدة؟

.....

ما المزايا التي قد يوفرها هذا التحول في التصنيع الكيميائي؟

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي مما يلي يعد تطبيق صناعي يعتمد مباشرة على درجة حرارة احتراق الأسيتيلين العالية؟

(أ) تنقية المياه (ب) حفظ الأغذية

(جـ) لحام المعادن (د) إنتاج الأسمدة

كن مواطنًا عالميًا

كلوريد الفينيل هو المادة الأولية لـ PVC (بولي كلوريد الفينيل)، أحد أكثر أنواع البلاستيك استخدامًا في العالم.

يُستخدم PVC في:

- أنابيب مياه الشرب
- العزل الكهربائي
- الأنابيب الطبية
- إطارات النوافذ.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

٢. أي من المنتجات التالية يمكن الحصول عليه بالبلمرة الثلاثية للأستيلين ؟

(أ)الإيثان (ب)السيكلوهكسان

(جـ) البولي إيثيلين (د)البنزين

٣. أجب عن الأسئلة التالية :

(أ) أكتب أسماء المواد التي لها الصيغ البنائية التالية:

(i) $CH \equiv C-CH_3$

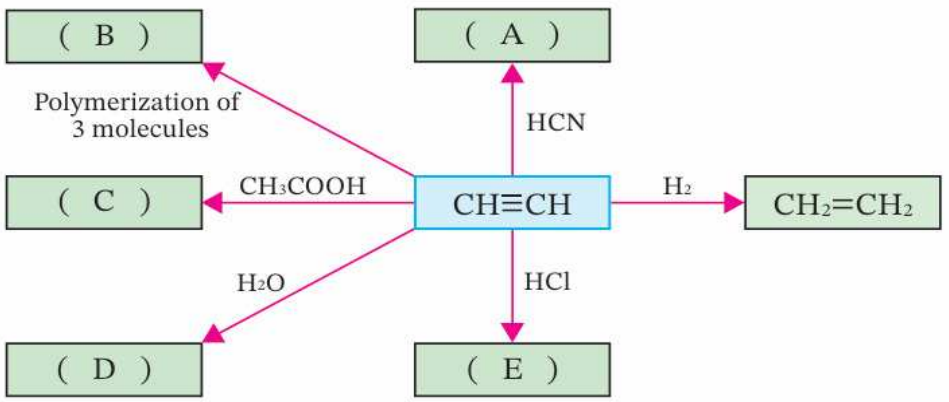
(ii) $CH \equiv C-CH_2-CH_3$

(ب) اكتب الصيغ البنائية للمواد التالية: 2

(ii) 2. بيوتاين (ii) 2,2,1,1 رباعي بروموإيثان

٤. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالشكل الذي يوضح تفاعلات $CH \equiv CH$

(مع HCN و CH_3COOH و H_2O و HCl و H_2 والبلمرة الثلاثية لإنتاج من A إلى E، بحيث ينتج عن الإضافة أحادية H_2 الإيثيلين $CH_2=CH_2$).



(أ) اكتب الصيغ البنائية وأسماء المواد من (A) إلى (E).

(ب) اخترعملية التصنيع المعملية لـ $CH \equiv CH$ من I إلى IV مما يلي.

(I) إضافة الإيثانول إلى حمض الكبريتيك المركز عند 170–160°C .

(II) إضافة الإيثانول إلى حمض الكبريتيك المركز عند حوالي 130°C .

(III) إضافة الماء إلى كربيد الكالسيوم CaC_2.

(IV) تسخين مخلوط من أسيتات الصوديوم CH_3COONa وهيدروكسيد الصوديوم

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٧-٤ — الكحولات والإيثرات

مقدمة

تخيّل أنك تدخل مستشفى وتلاحظ رائحة معقم اليدين القوية. وبعد ذلك، ترى سيارة سباق تعمل بالإيثانول الحيوي، وفي المنزل يستخدم أحدهم الكحول الطبي لتطهير جرح.

تنتمي هذه المنتجات المختلفة تمامًا جميعها إلى العائلة نفسها من المركبات العضوية — الكحولات — إلا أنها تتصرف بشكل مختلف بسبب اختلافات صغيرة في تركيبها الجزيئي.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف تحدد بنية الكحولات والإيثرات خصائصها الفيزيائية وتفاعلاتها الكيميائية وتطبيقاتها العديدة في الطب والصناعة والنقل والحياة اليومية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يغيّر تغيير بنية الكحول أو الإيثر خصائصه الفيزيائية وسلوكه الكيميائي وتطبيقاته العملية؟

الاستكشاف

فكّر في:

- معقم اليدين
- العطور
- الوقود الحيوي للمحركات
- المطهر الطبي
- المذيب المعملي

ناقش مع زميل:

- أي المنتجات قد تحتوي على كحول؟

.....

- لماذا تمتزج بعض السوائل بسهولة مع الماء بينما لا تمتزج أخرى؟

.....

بنية العلم

حقيقة أساسية:

تحتوي الكحولات على مجموعة الهيدروكسيل (–OH)، بينما تحتوي الإيثرات على ذرة أكسجين مرتبطة بمجموعتي هيدروكربون (R–O–R′).

تخضع الكحولات الأولية والثانوية والثالثية لتفاعلات أكسدة مختلفة.

المفاهيم الأساسية:

- المجموعات الوظيفية
- تصنيف الكحولات
- الروابط الهيدروجينية
- نمط الأكسدة
- نزع الماء من الإيثانول
- الكحولات

تعلم

١. الكحولات:

(أ) **الكحولات:** مركبات يُستبدل فيها ذرة هيدروجين من هيدروكربون بمجموعة هيدروكسيل OH – ، الصيغة العامة لها R–OH.

(ب) **تسمية الكحولات:** بإضافة المقطع "–ول" إلى اسم الألكان المماثل له في عدد ذرات الكربون.

الاسم	الصيغة البنائية المكثفة
الميثانول	CH_3OH
الإيثانول	C_2H_5OH
1–بروبانول	$CH_3CH_2CH_2OH$
1–بيوتانول	$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

الجدول 4–7–1 (أمثلة على الكحولات)

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(جـ) تصنيف الكحولات:

(i) الكحول الذي يحتوي على مجموعة هيدروكسيل واحدة OH - يُسمى كحول أحادي الهيدروكسيل، والذي يحتوي على مجموعتين يُسمى كحول ثنائي الهيدروكسيل، والذي يحتوي على ثلاث مجموعات يُسمى كحول ثلاثي الهيدروكسيل.

التصنيف	مثال	الصيغة البنائية
أحادي الهيدروكسيل	الميثانول	CH_3-OH
أحادي الهيدروكسيل	الإيثانول	CH_3-CH_2-OH
ثنائي الهيدروكسيل	إيثيلين جليكول	$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ \vert \\ CH_2-OH \end{array}$
ثلاثي الهيدروكسيل	الجلسرين (الجليسرول)	$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ \vert \\ CH-OH \\ \vert \\ CH_2-OH \end{array}$

الجدول 4-7-2 (تصنيف الكحولات وأمثلة على المواد)

(ii) الكحول الأولي: به مجموعة هيدروكربونية أخرى واحدة مرتبطة بذرة الكربون التي تحمل مجموعة OH-؛ والكحول الثانوي: به مجموعتان؛ والكحول الثالثي: به ثلاث مجموعات.

كحول ثالثي	كحول ثانوي	كحول أولي
$\begin{array}{l} R^2 \\ \vert \\ R^1-C-OH \\ \vert \\ R^3 \end{array}$	$\begin{array}{l} R^2 \\ \vert \\ R^1-C-OH \\ \vert \\ H \end{array}$	$\begin{array}{l} H \\ \vert \\ R^1-C-OH \\ \vert \\ H \end{array}$

فكّر بعمق:

سيناريو:

تريد شركة تطوير مطهر يتبخر بسرعة دون ترك بقايا.

هل توصي بـ: الإيثانول، أو الجليسرول، أم إيثر ثنائي الإيثيل؟

اشرح تفكيرك باستخدام البنية الجزيئية.

(د) تفاعلات الكحولات:

(i) **الذوبان في الماء:** نظرًا لأن مجموعة الهيدروكسيل ترتبط بسهولة بجزيئات الماء، فإن الكحولات ذات العدد القليل من ذرات الكربون تذوب بدرجة عالية في الماء.

(ii) **التفاعل مع الصوديوم:** عند إضافة الصوديوم إلى كحول، يتصاعد غاز الهيدروجين.

مثال: تفاعل الايثانول مع فلز الصوديوم :

$$2C_2H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_2H_5ONa + H_2$$

(إيثانوات الصوديوم)

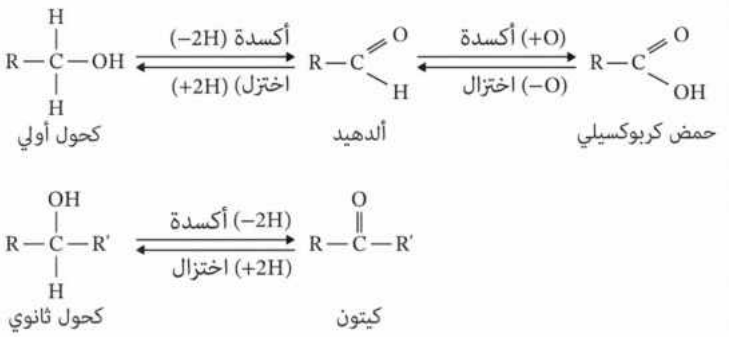
(iii) **الأكسدة بعوامل مؤكسدة:**

الكحولات الأولية: تتأكسد إلى الألدهيدات ، ومع استمرار الأكسدة تُعطي الأحماض الكربوكسيلية.

الكحولات الثانوية: تتأكسد إلى الكيتونات.

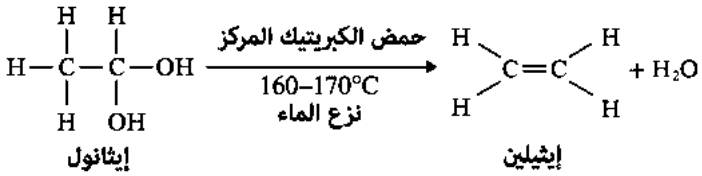
D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الكحولات الثالثية: تقاوم الأكسدة بالعوامل المؤكسد المعتادة

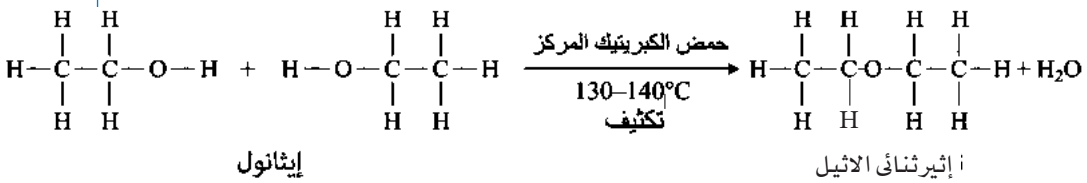


(iv) تفاعلات نزع الماء:

• عند تسخين خليط من الإيثانول وحمض الكبريتيك المركّز إلى 160°C – 170، ينتج الإيثيلين.



• عند التسخين إلى 130°C – 140 ينتج إيثرثنائي الإيثيل.



طبيعة العلم:

ملاحظة:

عند معالجة ثلاث عينات من الكحول بنفس العامل المؤكسد.

• العينة A تُكوّن ألدهيد.

• العينة B تُكوّن كيتون.

• العينة C لا تُظهر أي تفاعل يُذكر.

الاستنتاج: ما نوع الكحول في كل عينة؟

التنبؤ: ما المنتجات التي ستتكون إذا استمرت الأكسدة؟

٢. الإيثرات:

(أ) الإيثرات:

مركبات يُستبدل فيها ذرة هيدروجين من مجموعة الهيدروكسيل OH- لكحول بمجموعة هيدروكربونية. الصيغة العامة هي $R^2 - O - R^2$.

(ب) خواص الإيثرات:

• تعتبر ايزوميرات بنائية لبعض الكحولات.

• درجات غليانها أقل مقارنةً بالكحولات الأيزومرية المماثلة لها.

• شحيحة الذوبان في الماء، ولا تتفاعل مع فلز الصوديوم.

(جـ) إيثرثنائي الإيثيل $C_2H_5OC_2H_5$:

• سائل عديم اللون، متطاير، له تأثير مخدر.

• مذيب للعديد من المركبات العضوية.

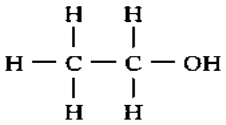
D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

مثال:

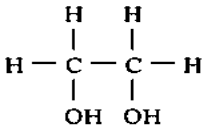
أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمواد A إلى D.

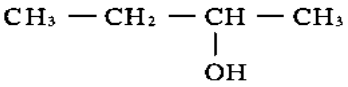
A



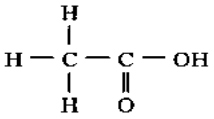
B



C



D



(i) أي من A إلى D كحول ثانوي؟ اختر الحرف المناسب.

(ii) أي من A إلى D كحول ثنائي الهيدروكسيل؟ اختر الحرف المناسب.

(ب) العبارات التالية من (i) إلى (iii) تصف الإيثانول أو إيثر ثنائي الإيثيل. اختر جميع العبارات التي تصف إيثر ثنائي الإيثيل.

(i) يولّد هيدروجين عند إضافة الصوديوم.

(ii) مذيب للعديد من المركبات العضوية.

(iii) ضعيف الذوبان في الماء.

(جـ) يحتوي أنبوبا اختبار على الإيثانول وإيثر ثنائي الميثيل، وكلاهما له الصيغة الجزيئية C_2H_6O. للتمييز بينهما، أُضيف فلز الصوديوم إلى كل أنبوب.

(i) اذكر الاختلاف في المشاهدة في كل أنبوب.

(ii) اشرح سبب حدوث هذا الاختلاف.

الشرح

(أ) (i) تُصنَّف الكحولات إلى أولية وثانوية وثالثية بناءً على عدد المجموعات الهيدروكربونية الأخرى المرتبطة بذرة الكربون التي ترتبط بها مجموعة الهيدروكسيل OH–.

في A و B، توجد مجموعة هيدروكربونية أخرى واحدة مرتبطة بذرة الكربون التي ترتبط بها مجموعة الهيدروكسيل، لذا فهما كحولان أوليان. في C، توجد مجموعتان، لذا فهو كحول ثانوي. D ليس كحول بل حمض كربوكسيلي يحتوي على مجموعة كربوكسيل COOH –. لذلك، الإجابة هي C.

(ii) تُصنَّف الكحولات إلى أحادية وثنائية وثلاثية الهيدروكسيل بناءً على عدد مجموعات الهيدروكسيل OH–.

A و C كلاهما يحتوي علي مجموعة هيدروكسيل واحدة، لذا فهما كحولات أحادية الهيدروكسيل. B يحتوي علي مجموعتين هيدروكسيل، لذا فهو كحول ثنائي الهيدروكسيل. لذلك، الإجابة هي B.

(ب) الإيثانول كحول، وإيثر ثنائي الإيثيل إيثر.

(i) الإيثانول كحول يتفاعل مع الصوديوم.

(ii) يذيب إيثر ثنائي الإيثيل العديد من المركبات العضوية ويُستخدم كمذيب عضوي.

(iii) الإيثانول شره الذوبان في الماء، لكن إيثر ثنائي الإيثيل ضعيف الذوبان في الماء. لذلك، الإجابة: (ii)، (iii).

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(جـ) (i) الإيثانول: يُلاحظ فوران (غاز الهيدروجين) عند ذوبان الصوديوم.
إيثرثنائي الميثيل: لا يحدث أي تفاعل.
(ii) **مثال:** يحتوي الإيثانول على مجموعة هيدروكسيل، بينما يحتوي إيثرثنائي الميثيل على رابطة إيثرية ولا يحتوي علي مجموعة الهيدروكسيل.

فكّر كمهندس:

للمهندسين الكيميائيين يمكنهم إنتاج إما: الإيثيلين أو إيثرثنائي الإيثيل، من الإيثانول وذلك بتغيير درجة حرارة التفاعل فقط.

التحدي:

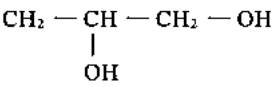
صمّم عملية لتعظيم إنتاج الإيثيلين مع تقليل تكوّن الإيثر إلى أدنى حد. ما درجة حرارة التشغيل التي تختارها؟ اشرح قرارك. .....

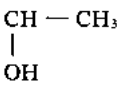
حاول بنفسك:

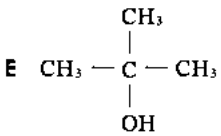
1. اختر كحول ثنائي الهيدروكسيل وكحول ثالثي من الكحولات التالية من A إلى E، واختر الحرف المناسب:

A $CH_3-CH_2-CH_2-OH$

B $HO-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

C


D


E


2. املأ الفراغات بالكلمات أو الأرقام المناسبة في النص التالي:

تُصنَّف الكحولات بحسب عدد ذرات (A) المرتبطة بذرة الكربون التي تحمل مجموعة OH –. عندما (B) كحول باستخدام ثنائي كرومات البوتاسيوم المحمّض بحمض الكبريتيك، تتحول الكحولات الأولية إلى (D) ثم إلى (C) بعد ذلك، بينما تُنتج الكحولات الثانوية (E)، لكن الكحولات الثالثية لا (B). كما تُصنَّف الكحولات بحسب عدد مجموعات (F) في الجزيء. الميثانول كحول أحادي الهيدروكسيل، والإيثيلين جليكول كحول ثنائي الهيدروكسيل، والجليسرين كحول ثلاثي الهيدروكسيل.

3. أي من العبارات التالية (i) إلى (vi) تصف الإيثانول؟ اختر كل ما ينطبق:

(i) ضعيف الذوبان في الماء.
(ii) يتفاعل مع فلز الصوديوم وينتج غاز الهيدروجين.
(iii) سائل عديم اللون، متطاير، له تأثير مخدر.
(iv) هو كحول أولي.

نشاط البيانات:

الأسئلة

- عند أي درجة حرارة يصل إنتاج الإيثر إلى أقصى مستوياته؟
- عند أي درجة حرارة يُفضَّل إنتاج الألكين؟
- اشرح باستخدام نظرية التصادم ومسارات التفاعل.

درجة الحرارة (°C)	الناتج الرئيسي
130	إيثرثنائي الإيثيل
140	إيثرثنائي الإيثيل غالبًا
150	مزيج
160	إيثيلين غالبًا
170	إيثيلين

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي من الكحولات التالية يتأكسد إلي كيتون؟

(أ) الميثانول (ب) الإيثانول (جـ) 2-بروبانول (د) بيوتانول- ثالثي

٢. يريد مهندس زيادة إنتاج الإيثيلين من الإيثانول. أي من الشروط التالية هو الأنسب لذلك؟

(أ) 120°C (ب) 135°C (جـ) 165°C (د) درجة حرارة الغرفة

٣. صنّف الكحولات التالية إلى كحولات أولية وثانوية وثالثية.

A $CH_3 - CH_2 - OH$

B $CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$

C $CH_3 - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} - CH_3$

D $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - OH$

E $CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - OH$

F $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}} - OH$

٤. املأ الفراغات بالكلمات أو أسماء المركبات أو الصيغ الكيميائية المناسبة في النص التالي.

تُسمى المركبات التي تحل فيها مجموعات الهيدروكسيل محل ذرات الهيدروجين في هيدروكربون بشكل جماعي بالكحولات. اسم الكحول ذي البنية الأبسط هو الميثانول، وصيغته الجزيئية هي (A)، وصيغته البنائية المكثفة هي (B). اسم الكحول الذي يحتوي على ذرتي كربون هو (C)، ويُصنَّع صناعيًا بإضافة الماء إلى (D) باستخدام حمض الفوسفوريك أو ما شابه كعامل حفاز.

هناك نوعان من البنى التي تُستبدل فيها ذرة هيدروجين من البروبان بمجموعة هيدروكسيل: الكحول الأولي (E) والكحول الثانوي (F). عند أكسدة كحول أولي بعامل مؤكسد، يتحول أولًا إلى (G)، وعند مزيد من الأكسدة يُنتج (H).

٥. بالنسبة للعبارات التالية من I إلى V، اكتب A إذا كانت تعبر عن الإيثانول، وB إذا كانت تعبر عن إيثر ثنائي الإيثيل، وC إذا كانت تعبر عن كليهما، وD إذا كانت لا تعبر عن أي منهما.

(i) شديد الذوبان في الماء.

(ii) سائل شديد الاشتعال، متطاير، له تأثير مخدر.

(iii) يعمل كعامل مؤكسد.

(iv) سائل عديم اللون في درجة حرارة الغرفة.

(v) لا يتفاعل مع فلز الصوديوم.

تحدَّ تفكيرك:

مركب مجهول له الصيغة الجزيئية C_2H_6O.

الملاحظات التجريبية:

- يمتزج تمامًا مع الماء.
- يتفاعل مع الصوديوم، منتجًا فقاعات.
- لا يتصرف كإيثر.

حدد المركب. ادعم إجابتك بأدلة بنائية.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٨-٤ – الألدهيدات والكيتونات

مقدمة

تخيل كيميائيًا يعمل في مختبر مراقبة الجودة يستلم زجاجتين متطابقتين تحتويان على سوائل عديمة اللون. تُستخدم إحداهما لحفظ العينات البيولوجية، بينما تُوجد الأخرى عادةً في مزيل طلاء الأظافر. ورغم أنهما يبدوان متطابقين تقريبًا، تكشف اختبارات كيميائية بسيطة أنهما يتصرفان بشكل مختلف تمامًا. تُكوّن إحداهما مرآة فضية لامعة داخل أنبوب الاختبار، بينما لا تتفاعل الأخرى إطلاقًا.

كيف يمكن للكيميائيين التمييز بين مركبات تبدو متشابهة إلى هذا الحد؟ وماذا تكشف بنيتها الجزيئية عن سلوكها الكيميائي؟

دعونا نستكشف كيف تحدد بنية الألدهيدات والكيتونات خصائصها وتفاعلاتها وطرق التعرف عليها مخبريًا وتطبيقاتها الواقعية.

؟ سؤال توجيهي: كيف يميّز الكيميائيون بين الألدهيدات والكيتونات باستخدام تفاعلاتها الكيميائية؟

الاستكشاف

ايتلم مختبر زجاجتين غير بهما سوائل عديمة اللون غير معلومة .

الزجاجة A بها مادة تكون مرآة فضية عند تسخينها بكاشف تولنز. بينما مادة الزجاجة B لا تظهر تغيّر ملحوظ.

ناقش:

- هل السائلان مركب واحد؟ .....
- ما الدليل الذي يساعد في تحديد كل مادة؟ .....
- لماذا قد تتفاعل إحداهما بينما لا تتفاعل الأخرى؟ .....

تعلم

١. الألدهيدات

(أ) **الألدهيدات:** مركبات تحتوي على مجموعة الفورميل (مجموعة الألدهيد) $-C(=O)-H$ الصيغة العامة لها هي $R-CHO$

(ب) **خواص الألدهيدات:**

- تنتج من أكسدة الكحولات الأولية، وباستمرار الأكسدة تتحول إلى أحماض كربوكسيلية.
- تتأكسد الألدهيدات بسهولة ولذلك لها خصائص اختزالية.

(i) **اختبار المرآة الفضية:** عند إضافة ألدهيد إلى محلول مائي من نترات الفضة النشادرية والتسخين، تُختزل أيونات الفضة Ag^+ ويترسب معدن الفضة.

(ii) **اختزال محلول فهلنج:** عند إضافة ألدهيد إلى محلول فهلنج وتسخينه، تُختزل أيونات النحاس II (Cu^{2+})، راسب أحمر من أكسيد النحاس $Cu_2O(I)$

يحتوي محلول فهلنج على Cu^{2+}

(ج) **أنواع مختلفة من الألدهيدات:**

(i) **الفورمالدهيد HCHO**

$H-C(=O)-H$

- غاز عديم اللون، سام، ذو رائحة نفاذة.
- شديد الذوبان في الماء.
- يمكن تحضيره بأكسدة الميثانول في الهواء.
- يُسمى المحلول المائي الذي يحتوي على حوالي 37% فورمالدهيد بالفورمالين، ويُستخدم كمحلول لحفظ العينات التشريحية وغيرها.

بنية العلم

حقيقة أساسية:

رغم أن الألدهيدات والكيتونات تحتوي كلاهما على مجموعة الكربونيل (C=O)، فإن موضع هذه المجموعة يحدد سلوكها الكيميائي.

المفاهيم الأساسية:

- الألدهيدات.
- محلول فهلنج.
- الكيتونات.
- تفاعل اليودوفورم

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ii) **الأسيتالدهيد CH_3CHO**

$$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H$$

- سائل عديم اللون، سام، ذو رائحة نفاذة.
- يمكن تحضيره بأكسدة الإيثانول بمحلول مائي ثنائي كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض حمض الكبريتيك.

فكّر كمهندس:

مطلوب من مهندسي مراقبة الجودة في شركة أدوية التحقق من تمام تأكسد الكحول أثناء الإنتاج.

أي اختبار معملي توصي به؟

- اختبار المرآة الفضية
- اختبار فهلنج
- اختبار اليودوفورم

بَرِّر توصيتك باستخدام أدلة كيميائية.

.....

٢. الكيتونات:

(أ) **الكيتونات:** مركبات ترتبط فيها مجموعتان هيدروكربونيتان بمجموعة الكربونيل.

والصيغة العامة لها هي: R^1-CO-R^2.

(ب) خواص الكيتونات:

- يمكن تحضيرها بأكسدة الكحولات الثانوية.
- لا تتأكسد بسهولة ولا تُظهر خصائص اختزالية.
- توجد ألدهيدات تُعد ايزوميرات بنائية لها.

(جـ) الأسيتون CH_3COCH_3:

- سائل عديم اللون، له رائحة لطيفة.
- يذوب في الماء بأي نسبة.
- يمكن تحضيره معمليا من أكسدة 2-بروبانول أو التحلل الحراري لأسيتات الكالسيوم.

(د) تفاعل اليودوفورم:

يحدث تفاعل اليودوفورم عند تسخين مركب عضوي له تركيب محدد مع اليود (I_2) في محلول مائي قاعدي، ويكون راسب **أصفر من اليودوفورم** (CHI_3) له رائحة مميزة.

المتطلبات البنائية (التركيبية):

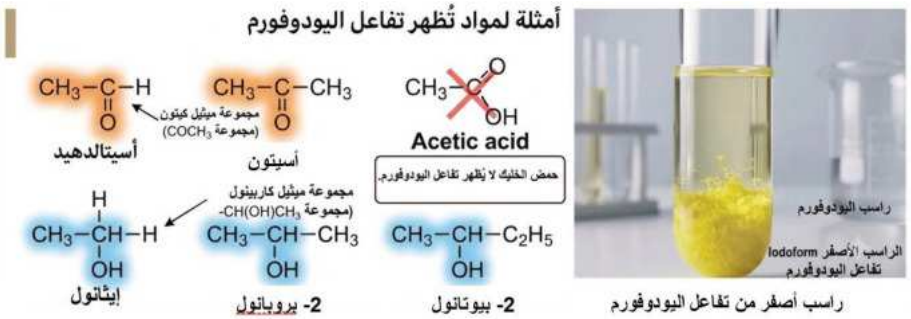
يحدث هذا التفاعل مع المركبات التي تحتوي جزيئاتها على إحدى الوحدات التركيبية التالية (حيث R هي ذرة هيدروجين (H) أو مجموعة هيدروكربونية):

(i) مركبات لها التركيب CH_3-CO-R (مثل الأسيتالدهيد، الأسيتون، إلخ.)

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ii) مركبات لها التركيب $CH_3-CH(OH)-R$ (مثل الإيثانول، بروبان-2-ول، إلخ.)

ملاحظة: تتأكسد المركبات التي لها التركيب (ii) بواسطة اليود أثناء التفاعل، فتتحول إلى مركبات لها التركيب (i). ونتيجة لذلك، تُعطي تفاعل اليودوفورم.



التفكير النقدي:

الادعاء: الألدهيدات عوامل مختزلة، أما الكيتونات فليست كذلك.

الدليل: استخدم نتائج كلا الاختبارين المعمليين.

التفسير: اشرح كيف تفسر الحالة التأكسدية والتركيب الجزيئي الاختلافات التي تم ملاحظاتها.

.....

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالإجراءات والنتائج التجريبية (I إلى III) الخاصة بالميثانول.

I. ضع حوالي 7mL من الميثانول في أنبوب اختبار وسخّنه في حمام مائي.

II. عند تقريب سلك نحاسي مسخّن حتى تحول إلى أكسيد نحاس (II) من سطح سائل الميثانول، تحول الجزء الأسود من السلك النحاسي إلى اللون الأحمر.

III. للتأكد من الناتج في التجربة II، عند إضافة محلول مائي من نترات الفضة النشادرية، غُطي الجدار الداخلي لأنبوب الاختبار بمادة فضية بيضاء.

(i) في التجربة II، إلى ماذا تحول أكسيد النحاس (II)؟

(ii) في التجربة II، إلى ماذا تحول الميثانول؟ سمِّ المادة واكتب صيغتها البنائية.

(iii) ما خصائص المركبات العضوية التي يمكن أن تكشفها العملية التي تم أجراؤها في التجربة III؟

(ب) أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالمركبات الممثَّلة بالصيغة الجزيئية C_3H_8O.

(i) من بين هذه المركبات، اكتب اسم المادة التي تتحول إلى ألدهيد عند الأكسدة الجزئية، وإلى حمض كربوكسيلي عند تمام الأكسدة.

(ii) اكتب الصيغ البنائية للألدهيد والحمض الكربوكسيلي الناتجين في (i).

(iii) من بين هذه المركبات، اكتب اسم المادة التي تتحول إلى كيتون بالأكسدة.

(iv) هل يعطي المركب في (iii) اختبار اليودوفورم؟

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الشرح

(أ) (i) بما أن أكسيد النحاس (II) تحول إلى اللون الأحمر، يدل علي أنه تحول إلى نحاس. الإجابة: النحاس.

(ii) من (i)، بما أن أكسيد النحاس (II) اختُزل وتحول إلى نحاس، فإن الميثانول تأكسد. الناتج من أكسدة الميثانول هو الفورمالدهيد. لذلك، الاسم: الفورمالدهيد، الصيغة البنائية: $H-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H$

(iii) التفاعل الذي حدث في التجربة III هو اختبار المرآة الفضية، حيث تُختزل أيونات Ag^+ في المحلول المائي ويترسب معدن الفضة Ag. اختبار المرآة الفضية تفاعل ناتج عن الخاصية الاختزالية للألدهيد، وتُسمى المركبات العضوية التي تحتوي على مجموعة فورميل الألدهيدات.

وبذلك، يكشف اختبار المرآة الفضية عن: المركبات العضوية المحتوية على مجموعة فورميل (مجموعة الألدهيد).

(ب) (i) ما يتحول إلى حمض كربوكسيلي عبر ألدهيد عند الأكسدة الغير تامة هو كحول أولي. في الكحول الأولي، ترتبط مجموعة الهيدروكسيل بذرة الكربون الطرفية. لذلك، المادة هي: 1-بروبانول. $CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH_2}$

(ii) الألدهيد: $CH_3-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-H$ الحمض الكربوكسيلي: $CH_3-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH$

(iii) ما يتحول إلى كيتون عند الأكسدة هو كحول ثانوي. في الكحول الثانوي، ترتبط مجموعة الهيدروكسيل بذرة الكربون المركزية. لذلك، المادة هي: 2-بروبانول.

(iv) يعطي التفاعل.

تفسير البيانات – يحلل الطلاب النتائج التالية:

ناتج الأكسدة	فهلنج	المرآة الفضية	المركب
الميثانال	نعم	نعم	حمض الميثانويك
الإيثانال	نعم	نعم	حمض الإيثانويك
البروبانون	لا	لا	لا تفاعل

الأسئلة:

١. أي المركبات ألدهيدات؟ .....

٢. أي مركب كيتون؟ .....

٣. أي مركب هو الأسهل أكسدة؟ .....

٤. اشرح التركيب .....

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. وضع حوالي 5.0 mL من الميثانول في أنبوب اختبار وسخّن في حمام مائي إلي درجة 50°C. بعد التسخين، قُرِّب سلك نحاسي حلزوني مسخّن في الهواء باستخدام موقد غاز من سطح سائل الميثانول وهو ساخن، كما هو موضح في الشكل، وتكررت هذه العملية 5 إلى 6 مرات. أجب عن الأسئلة التالية.

كن مواطنًا عالميًا

الفورمالدهيد يستخدم في حفظ المواد البيولوجية، لكن التعرض المطول قد يؤثر على صحة الإنسان. ينظم العلماء والحكومات استخدامه في المدارس والمستشفيات وأماكن العمل.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(أ) إلى ماذا يتحول الميثانول نتيجة هذه العملية؟ اكتب الصيغة البنائية المكثفة واكتب اسم الناتج.

(ب) للتأكد من الناتج في (أ)، أُضيف محلول مائي من نترات الفضة النشادري. أي نوع من التغيّر يحدث؟ وما اسم الاختبار؟

(جـ) يُستخدم محلول مائي بتركيز حوالي 37٪ من المادة الناتجة في التجربة لحفظ العينات البيولوجية. ما اسم هذا المحلول المائي؟

٢. أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) املأ الفراغات بالكلمات المناسبة في النص التالي:

الألدهيدات مركبات تحتوي على مجموعة (CHO– i) و(ii) مركبات تحتوي على مجموعة كربونيل. كتجربة للتأكد من خصائص الألدهيد، هناك تجربة يُضاف فيها محلول مائي من نترات الفضة النشادرية إلى الألدهيد ويُسخَّن. يُسمى هذا اختبار (iii). أحد الألدهيدات هو (iv)، الذي يمكن تحضيره من أكسدة الإيثانول بمحلول مائي من ثنائي كرومات البوتاسيوم المحمضة بحمض الكبريتيك.

الأسيتون من الكيتونات وعند إضافة اليود إلى محلول مائي قاعدي يذوب فيه الأسيتون ويتفاعل، ينتج راسب أصفر ذو رائحة مميزة. يُسمى هذا التفاعل اختبار (v).

(ب) من الخواص التالية، اكتب A إذا كانت تنطبق على الأسيتالدهيد، وB إذا كانت تنطبق على الأسيتون.

I – ينتج من أكسدة كحول أولي.

II – ينتج من أكسدة كحول ثانوي.

III – يتحول إلى حمض كربوكسيلي عند الأكسدة.

IV – له خواص اختزالية.

٣. المركبات A و B و C مركبات عضوية لها الصيغة الجزيئية C_3H_8O. يتفاعل A و B مع فلز الصوديوم وينتج غاز، لكن C لا يتفاعل. كما أنه عند الأكسدة الغير تامة لـ A و B، يتم الحصول على المركب D من A، والمركب E من B. عند إضافة محلول مائي من نترات الفضة النشادرية إلى D و E، يستجيب E فقط للاختبار. أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اكتب الصيغ البنائية لـ A إلى E.

(ب) من بين A إلى E، أي من هذه المركبات يُنتج راسبًا أصفر عند إضافة اليود وهيدروكسيد الصوديوم المائي؟ اخترجميع الحروف المناسبة.

(جـ) من بين A إلى E، أي من هذه المركبات يُنتج راسبًا أحمر عند إضافة محلول فهلنج والتسخين؟ اخترجميع الحروف المناسبة.

تحدَّ تفكيرك:

يُجري كيميائي الاختبارات التالية على مركب مجهول.

- اختبار تولنز إيجابي
- اختبار فهلنج إيجابي
- اختبار اليودوفورم سلبي

تنبَّأ:

- ما المجموعة الوظيفية الموجودة في المركب؟
- اقترح مركبًا محتملًا واحدًا.
- اشرح تفكيرك باستخدام الأدلة.

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. يريد كيميائي التمييز بين ألدهيد وكيتون باستخدام اختبار معملي بسيط. أي من الكواشف التالية يمكنه استخدامه؟

(أ) ماء البروم (ب) محلول نترات الفضة النشادري

(جـ) ألدهيد (د) حمض كربوكسيلي

٢. عند أكسدة كحول أولي أكسدة غير تامة. أي مما يلي يعبر عن الناتج؟

(أ) كيتون (ب) ألكين

(جـ) يحترق بلهب أزرق (د) يزيل لون ماء البروم

٣. بعد تسخين سلك نحاسي بشدة باستخدام موقد غاز، قُرِّب فورًا من سطح سائل الميثانول في أنبوب اختبار، وعاد السلك النحاسي إلى لونه الأصلي. بتكرار هذه العملية، تكوّن المركب A ذو الرائحة النفاذة. يمتلك A خاصية (i أكسدة/اختزال)، وعند إضافة محلول مائي يحتوي على A إلى محلول فهلنج وتسخينه، يتكوّن راسب (ii أحمر/أصفر) من (iii Cu_2O / CHI_3). كما أنه عند إضافته إلى محلول مائي من نترات الفضة النشادرية وتدفئته، يعطي اختبار (iv). أجب عن الأسئلة التالية.

(أ) اختر الكلمات أو الصيغ الكيميائية المناسبة للفراغات (i) إلى (iii) في النص من الخيارات الموجودة بين قوسين.

(ب) اذكر الكلمة المقابلة لـ (iv). (جـ) الألكانات الحلقية

(د) الأحماض الكربوكسيلية

(ii) ( ) له ايزوميران من النوع سيس-ترانس

(أ) $CH_2 = CH_2$ (ب) $CH_3CH = CH_2$

(جـ) في الجزء الذي تحته خط، لماذا عاد السلك النحاسي إلى لونه الأصلي؟ اشرح باستخدام جميع الكلمات التالية. [مجموعة الكلمات: الاختزال، أكسيد النحاس (II)، النحاس، الميثانول]

٤. أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) املأ الفراغات بالكلمات أو أسماء المركبات المناسبة في النص التالي:

عند أكسدة كحول أولي بعامل مؤكسد، يتحول أولًا إلى (i)، وعند استمرار الأكسدة، ينتج (ii). كما أنه عند أكسدة كحول ثانوي، يتحول إلى (iii). على سبيل المثال، بأكسدة 2-بروبانول بعامل مؤكسد، يتحول إلى (iv)، وهو نوع من (iii).

(ب) اكتب A إذا كانت الخصائص التالية (i) إلى (v) تنطبق فقط على الفورمالدهيد، وB إذا كانت تنطبق فقط على الأسيتون، وC إذا كانت تنطبق على كليهما معًا.

(i) به التركيب $-OC-$ (ii) يختزل محلول فهلنج.

(iii) يستجيب لاختبار اليودوفورم. (iv) يتحول إلى حمض كربوكسيلي بالأكسدة.

(v) يتحول إلى كحول ثانوي بالاختزال.

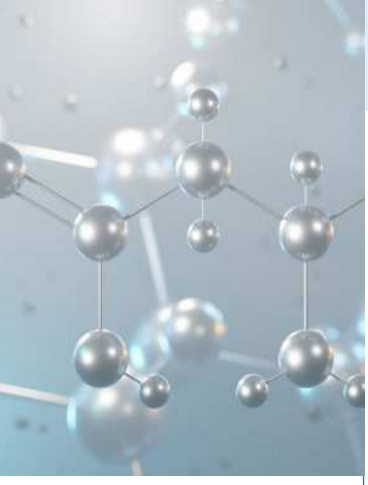
٥. اعتبر 3 أنواع من المركبات، A إلى C، لها الصيغة الجزيئية C_3H_8O. A وB كحولات، وC ايزومير لـ A وB. يمكن تحضير D من أكسدة A، أو من التحلل الحراري لأسيتات الكالسيوم بمعزل عن الهواء. E له خاصية اختزالية ويمكن تحضيره من أكسدة B، لكن بالأكسدة التامة لـ E، يتحول إلى F، وهو حمض ضعيف. أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اكتب اسم المركبات A وB وD.

(ب) اكتب الصيغ البنائية للمركبين C وE.

(جـ) من بين المركبات A إلى F، كم عدد المركبات التي تستجيب لاختبار اليودوفورم؟

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



٩-٤ – الأحماض الكربوكسيلية

مقدمة

فكر في الرائحة النفاذة للخل في مطبخك. لماذا مذاقه حامض، بينما للكحول مذاق وسلوك مختلفان تمامًا، رغم أن كليهما يحتوي على الكربون والهيدروجين والأكسجين؟

تخيل الآن أن دواءين يحتويان على الذرات نفسها مرتبة بطريقة متشابهة تقريبًا، إلا أن أحدهما يعمل بفعالية في جسم الإنسان بينما للآخر تأثير بيولوجي مختلف تمامًا.

في هذا الدرس، دعونا نستكشف كيف تحدد بنية الأحماض الكربوكسيلية والترتيب ثلاثي الأبعاد للجزيئات تفاعلاتها الكيميائية وأهميتها في علم الأحياء والطب والحياة اليومية.

؟ سؤال توجيهي: توجيهي كيف تحدد البنية الجزيئية الخصائص الكيميائية والنشاط البيولوجي والتطبيقات العملية للأحماض الكربوكسيلية وأيزوميراتها؟

تعلم

١. الأحماض الكربوكسيلية

(أ) **الأحماض الكربوكسيلية:** مركبات تحتوي على مجموعة كربوكسيل COOH–، لها الصيغة العامة R–COOH .

(ب) **تصنيف الأحماض الكربوكسيلية:** الحمض الكربوكسيلي الذي يحتوي على مجموعة كربوكسيل واحدة COOH – يُسمى حمض أحادي الكربوكسيل، والذي يحتوي على 2 يُسمى حمض ثنائي الكربوكسيل.

(جـ) **الأحماض الدهنية:** أحماض أحادية الكربوكسيل مفتوحة السلسلة.

- الأحماض الدهنية طويلة السلسلة: الأحماض دهنية التي تحتوي على أعداد كبير من ذرات الكربون.
- الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة: الأحماض الدهنية التي تحتوي على أعداد قليلة من ذرات الكربون.

(د) **خصائص الأحماض الكربوكسيلية:**

- يمكن الحصول عليها من أكسدة الكحولات الأولية والألدهيدات.
- محاليلها المائية حمضية ضعيفة.
- أقوي حامضية من حمض الكربونيك، وتتفاعل مع بيكربونات الصوديوم و ينتج ثاني أكسيد الكربون.

مثال:

$$CH_3COOH + NaHCO_3 \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2$$

التعلم القائم على الاستقصاء

طالب لديه سائلان عديما اللون: الخل، والإيثانول. وكلاهما سائل عديم اللون.

كيف يمكنك تحديد أيهما الحمض الكربوكسيلي باستخدام بيكربونات الصوديوم فقط؟

.....

تنبَّأ بملاحظاتك قبل قراءة الشرح.

.....

بنية العلم

حقيقة أساسية:

الأحماض الكربوكسيلية هي مركبات عضوية بتحتوي على مجموعة الكربوكسيل (COOH–).
الإيناتوميرات هي ايزومرات هنائية وهي صور مرايا لبعضها البعض وملهاش نسخة مطابقة.
الأحماض الدهنية هي أحماض مونوكربوكسيلية بسلاسل مفتوحة.

المفاهيم الأساسية:

- الأحماض الدهنية
- المجموعات الوظيفية
- الأحماض الكربوكسيلية
- الأحماض
- الهيدروكسيلية
- الايزميرات الهندسية (cis–trans)
- الايزميرات الفراغية

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

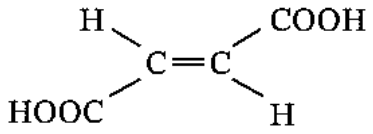
(هـ) أمثلة لأنواع مختلفة من الأحماض الكربوكسيلية:

(i) حمض الفورميك $HCOOH$: سائل عديم اللون، سام، ذو رائحة نفاذة. و يحتوي في تركيبه علي مجموعة الفورميل.

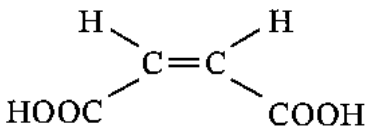
(ii) حمض الأسيتيك CH_3COOH: سائل عديم اللون ذو رائحة نفاذة. موجود في الخل بنسبة 4:5%

(iii) حمض الماليك، حمض الفوماريك: أحماض ثنائية الكربوكسيل تعتبر ايزوميرات هندسية (سيس-ترانس) لبعضها البعض.

- حمض الماليك (Maleic acid): ينزع منه الماء عند تسخينه.
- حمض الفوماريك (Fumaric acid): يَصعب نزع الماء منه.



حمض الفوماريك (ايزومير-ترانس)



حمض الماليك (ايزومير-سيس)

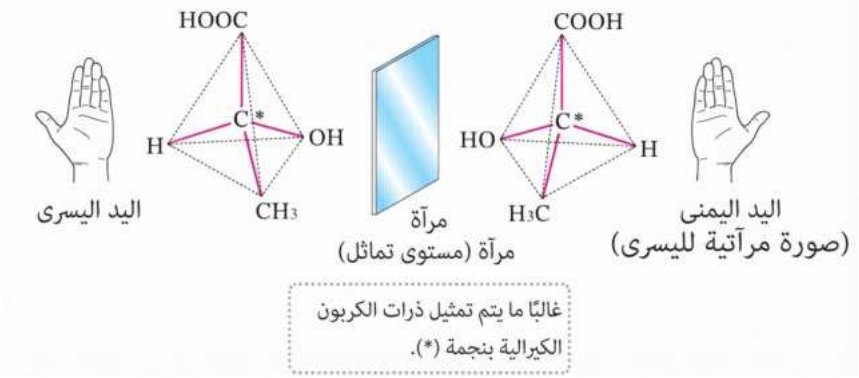
(iv) أحماض الهيدروكسيلية: أحماض كربوكسيلية تحتوي على مجموعة هيدروكسيل $-OH$ ولها خصائص الكحولات والأحماض الكربوكسيلية معًا. مثال: حمض اللاكتيك $CH_3CH(OH)COOH$.

٢. الإيزومرات الضوئية (الأيزوميرات البصرية):

(أ) ذرة الكربون الكيرالية (ذرة الكربون غير المتماثلة): ذرة كربون ترتبط بها 4 أنواع مختلفة من الذرات أو مجموعات الذرات.

(ب) الأيزوميرات الضوئية: ايزوميرات فراغية تنشأ بسبب وجود ذرة كربون كيرالية. لها علاقة الصورة الحقيقية بالصورة المرآتية، مثل اليد اليسرى واليد اليمنى.

ايزوميرات حمض اللاكتيك المرآتية (الإنانتيومرات):



التفكير النقدي:

الادعاء: يمكن أن يكون الأيزوميرات الضوئية خصائص فيزيائية متماثلة لكن تأثيرات بيولوجية مختلفة.

الدليل:

- نفس درجة الانصهار
- نفس الكثافة
- نشاط ضوئي مختلف
- استجابات فسيولوجية مختلفة

التفسير: المستقبلات البيولوجية ثلاثية الأبعاد وتتعرف على شكل الجزيء وليس صيغته الجزيئية.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

(جـ) خصائص الايزمرات الضوئيه:

- تتساوي في درجة الانصهار والكثافة متماثلة.
- تختلف في النشاط الضوئي (دوران الضوء المستقطب المستوي) والتأثيرات الفسيولوجية مثل الطعم.

لأن المستقبلات الحيوية ثلاثية الأبعاد تتعرف شكل الجزيء و ليس صيغته الجزيئية فقط.

تطبيق حياتي:

لماذا يزيل الخل الترسبات الجيرية؟

يحتوي الخل على حمض الأسيتيك، وهو حمض ضعيف يتفاعل مع رواسب كربونات الكالسيوم (الترسبات الجيرية)، منتجًا غاز ثاني أكسيد الكربون وأملاحًا ذائبة.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) **اختر حرف الكلمة الأنسب لكل فراغ (ما بين القوسين):**

(i) ( ) يتفاعل مع بيكربونات الصوديوم و يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون.

(أ) حمض الفورميك (ب) الأسيتون

(جـ) الإيثانول (د) إيثر إيثيل ميثيل

(ii) يمكن تحضير الأحماض الكربوكسيلية من أكسدة ( ).

(أ) كحول ثانوي (ب) كيتون

(جـ) ألدهيد (د) استر

(iii) الحمض ثنائي الكربوكسيل الذي ينزع منه الماء عند تسخينه هو ( ).

(أ) حمض الأسيتيك (ب) حمض الماليك

(جـ) حمض اللاكتيك (د) حمض الفوماريك

(ب) من A إلى C، اختر الصيغة البنائية التي تحتوي على ذرة كربون كيرالية (ولها أيزوميرات ضوئية).

A $CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$ **B** $CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$ **C** $CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$

الشرح

(أ) (i) الأحماض الكربوكسيلية هي التي تتفاعل مع بيكربونات الصوديوم لتوليد ثاني أكسيد الكربون. من بين الخيارات، حمض الفورميك فقط حمض كربوكسيلي. الإجابة: (أ) .

(ii) (جـ) (iii) (ب)

(ب) في ذرة الكربون الكيرالية، تكون الروابط الأربع لذرة الكربون (C) جميعها مرتبطة بذرات أو مجموعات مختلفة.

A

$CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-CH_3$

B

$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$

C

$CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{H}{|}}{C}}-CH_3$

A : ترتبط بمجموعتين ($-CH_3$) (متكررتان)، وفي B : تحتوي على رابطة ثنائية، لذا لا ترتبط بها 4 أنواع مختلفة ، وفي C : ترتبط 4 مجموعات مختلفة ($-C_2H_5$ ، $-CH_3$ ، $-OH$ ، H) ، لذلك الإجابة : C

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تفسير البيانات:

افترض أنه تم تسجيل الملاحظات التجريبية التالية.

يفقد ماء عند التسخين؟	المركب
نعم	حمض الماليك
لا	حمض الفوماريك

الأسئلة: ما الاستنتاج الذي يمكنك التوصل إليه حول تأثير ترتيب الجزيء على التفاعلات الكيميائية؟

حاول بنفسك:

1. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة أدناه:

(i) هو المكوّن الرئيسي للخل، وينتج من أكسدة (ii) الذي يحتوي على مجموعة فورميل. (i) سائل عديم اللون ذو رائحة نفاذة، ومحلوله المائي (iii)، وقوته (iv) من حمض الكربونيك.

(أ) املأ الفراغات بأسماء المواد والكلمات المناسبة في النص.

(ب) في أي من الظروف التالية يُلاحَظ تغيّر كيميائي؟ اختر الحرف المناسب، واذكر اسم الغاز الناتج.

A – إضافة أسيتات الصوديوم إلى ماء مكربن.

B – إضافة حمض الأسيتيك إلى محلول بيكربونات الصوديوم المائي.

2. املأ الفراغات من (i) إلى (iv) بالكلمات المناسبة. اختر المركبات A إلى E من بنك الكلمات واكتب صيغها البنائية:

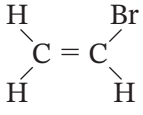
A ، B ، C أحماض (i) أحادية الكربوكسيل مفتوحة السلسلة. يستجيب A لتفاعل المرآة الفضية، لكن B و C لا تستجيب. كما يحتوي C على مجموعة كربوكسيل ومجموعة (ii) في جزيئه، وهو حمض (iii) يوجد في الزبادي وغيره. ويحتوي C أيضا على ذرة كربون كيرالية واحدة في جزيئه، وله ايزوميرات (iv). من ناحية أخرى، D وE أحماض (v) ثنائية الكربوكسيل مفتوحة السلسلة. D وE ايزوميران (vi) لبعضهما، وعند تسخين D يفقد ماء وينتج أنهيدريد حمضي، و لا يحدث ذلك في حالة E.

[بنك الكلمات]

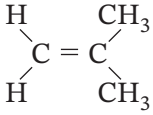
(حمض الفورميك، حمض الماليك، حمض الأسيتيك، حمض الفوماريك، حمض اللاكتيك)

3. من المركبات من (أ) إلى (د) التالية، اختر المركبات التي تعطي ناتجًا يحتوي ذرتي كربون كيراليتين عند إضافة اليود I_2.

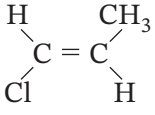
(أ)



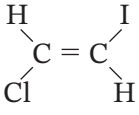
(ب)



(جـ)



(د)



موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. اضاف طالب بيكربونات الصوديوم إلى سائل مجهول. فتكونت فقاعات غاز علي الفور.
أي من المجموعات التالية توجد في هذه المادة؟

(أ) مجموعة هيدروكسيل (ب) مجموعة كربوكسيل

(جـ) مجموعة كربونيل (د) رابطة إيثرية

٢. أي من الأحماض التالية يعتبر المسؤول الرئيسي عن حامضية الخل؟

(أ) حمض الفورميك (ب) حمض الأسيتيك

(جـ) حمض اللاكتيك (د) حمض الفوماريك

٣. اختر الكلمات المناسبة للفراغات من (i) إلى (v) في النص التالي:

المركب الذي يحتوي على ((i) CHO / –COOH–) في الجزيء يُسمى حمض كربوكسيلي. حمض الأسيتيك نوع من الأحماض الكربوكسيلية، ومحلوله المائي له خواص ((ii) قاعدية/حمضية)، وقوته ((iii) أقوى/أضعف) من محلول ثاني أكسيد الكربون المائي (حمض الكربونيك). لذلك، عند إضافة ((iv) بيكربونات الصوديوم/الصوديوم) إلى حمض الأسيتيك، يتصاعد غاز ((v) الأكسجين/ ثاني أكسيد الكربون).

٤. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه:

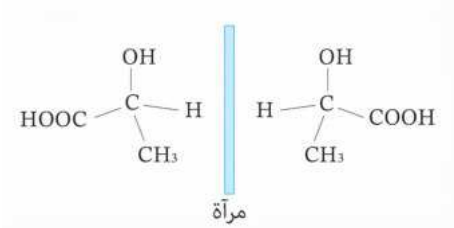
بما أن A يحتوي على مجموعة (i) بالإضافة إلى مجموعة كربوكسيل، فإن له خاصية (ii). لهذا السبب، عند إضافة A إلى محلول مائي من نترات الفضة النشادرية يترسب (iii).

كما أنه من بين الأحماض ثنائية الكربوكسيل غير المشبعة ذات 4 ذرات كربون، يوجد (iv) كأيزومير–سيس و(v) ايزومير–ترانس، وهما ايزوميران (سيس–ترانس) لبعضهما.

(أ) املأ الفراغات بالكلمات المناسبة.

(ب) اكتب الصيغ البنائية للمركبات A و(iv) و(v).

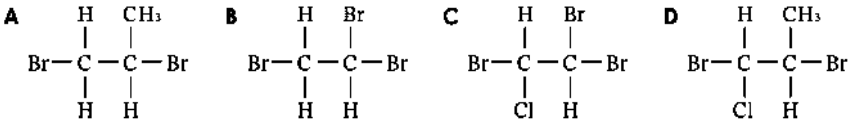
٥. يوضح الشكل ايزوميران لحمض اللاكتيك. اقرأ النص التالي عن حمض اللاكتيك وأجب عن الأسئلة التي تليه.



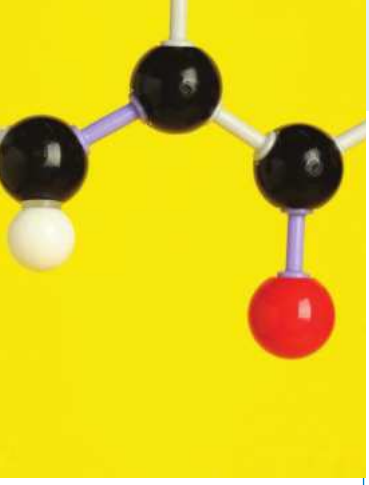
عندما ترتبط ذرة كربون بأربع ذرات أو مجموعات مختلفة، كما في حمض اللاكتيك، تُسمى (i)، ويوجد زوج من الأيزوميرات (ii). تتماثل هذه الأيزوميرات (ii) في درجات انصهار والكثافة والخصائص الكيميائية عامة تقريبًا، لكنها تختلف في نشاطها الضوئي.

(أ) املأ الفراغات بالكلمات المناسبة.

(ب) من بين A إلى D التالية، حدد الجزيئات التي تحتوي على صفر أو واحد أو اثنين من ذرات الكربون الكيرالية.



موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK



١٠-٤ — الإسترات

مقدمة

تخيل أنك تدخل مخبزًا وتلاحظ الرائحة اللطيفة للمعجنات الطازجة. وفي وقت لاحق من ذلك اليوم، تُقشِّر برتقالة وتستمتع برائحتها المنعشة. من المثير أن كثيرًا من هذه الروائح المألوفة يأتي من العائلة نفسها من المركبات — الاسترات.

لا تكون هذه المركبات مسؤولة فقط عن روائح الفواكه والزهور، بل تُستخدم أيضًا في العطور والدهانات والأدوية وحتى نكهات الطعام.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف تتكوّن الإسترات، ولماذا لها خصائص فريدة، وكيف يستخدمها الكيميائيون في الحياة اليومية والصناعة.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن لنوع واحد من التفاعل الكيميائي أن يُنتج موادًا مفيدة في الغذاء والدواء والعطور والتصنيع؟

الاستكشاف

تأمل المنتجات التالية:

- العطور
- نكهة الموز
- مزيل طلاء الأظافر
- مخفف الدهان

ناقش مع زميل:

- ما المشترك بين هذه المنتجات؟ .....
- لماذا تأتي الكثير من الروائح الطيبة من أنواع متشابهة من الجزيئات؟ .....
- كيف يمكن للكيميائيين تصميم مركبات بروائح مختلفة؟ .....

تعلم

١. الإسترات

(أ) **الإستر:** مركب يحتوي على رابطة إسترية $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-$

(ب) **خصائص الإسترات:**

- معظمها شحيح الذوبان في الماء وتذوب في المذيبات العضوية.
- الإسترات ذات الأوزان الجزيئية الصغيرة لها رائحة الفاكهة.
- تُستخدم في صناعة العطور والمذيبات.

(جـ) **الأسترة:** تفاعل يُنزع فيه جزيء ماء من حمض كربوكسيلي وكحول لتكوين إستر.

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

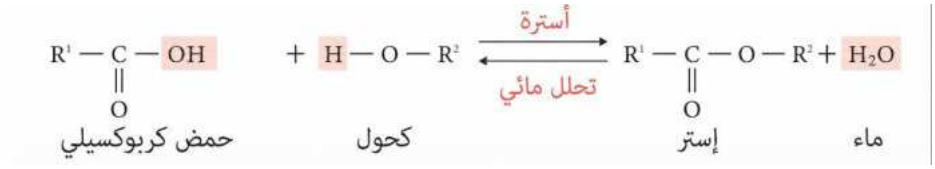
- الاسترات مسؤولة عن العديد من روائح الفاكهة الطبيعية.
- معظم الاسترات ضعيفة الذوبان في الماء.
- الأسترة تفاعل قابل للانعكاس.

المفاهيم الأساسية:

- رابطة الأستر.
- تفاعل التكاثف.
- التحلل المائي.
- التصبن.
- التخليق العضوي.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(د) **التحلل المائي:** هو التفاعل العكسي للأسترة. عند تسخين إستر مع حمض هيدروكلوريك مخفف أو حمض كبريتيك مخفف، وينتج حمض كربوكسيلي وكحول.



فكّر كعالم كيميائى:

تنبَّأ بما سيحدث إذا:

- أُضيف وفرة من الماء. .....
- عدم اضافة حمض الكبريتيك المركّز. .....
- سُخِّن المزيج لفترة أطول. .....

اشرح السبب...

.....

(هـ) ميكانيكية تفاعل الأسترة (آلية الأسترة):

أُجريت الأسترة باستخدام حمض كربوكسيلي (R^1-COOH) وكحول ($R^2-{}^{18}OH$) يحتوي على نظير الأكسجين ^{18}O (العدد الكتلي 18). و بتحليل الإستر الناتج وجد أنه لا يحتوي علي ^{18}O. تشير هذه النتيجة إلى أن مجموعة OH تنتزع من الحمض الكربوكسيلي وذرة H تنتزع من الكحول لتكوين الماء (H_2O).

(و) أنواع مختلفة من الإسترات:

(i) **أسيتات الميثيل** CH_3COOCH_3

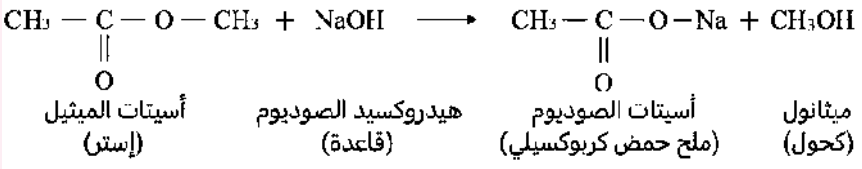
- يُنتَج من أسترة حمض الأسيتيك **والميثانول**.
- سائل عديم اللون، **ضعيف الذوبان** في الماء.

(ii) **أسيتات الإيثيل** $CH_3COOC_2H_5$

- يُنتَج من أسترة حمض الأسيتيك **والإيثانول**.
- سائل عديم اللون، **ضعيف الذوبان** في الماء.
- يُستخدم كمذيب للدهانات وكعطر.

(ز) **التصبن:** التحلل المائي لإستر في وجود قاعدة قوية. لينتج ملح حمض كربوكسيلي وكحول.

مثال: عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى أسيتات الميثيل والتسخين ينتج أسيتات الصوديوم والميثانول.



D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

تطبيق حياتي:

يصمم الكيميائيون إسترات صناعية لها صيغ بنائية مختلفة للتحكم في :-

يصمم الكيميائيون إسترات صناعية ببنى جزيئية مختلفة للتحكم في:

• شدة الرائحة • معدل التبخر • الثبات • التكلفة

لذلك تدخل في العطور ومستحضرات التجميل والشامبو ومعطرات الجو غالبًا على إسترات مصممة خصيصًا.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

أجب عن الأسئلة التالية عن الإسترات A و B و C والتي لها الصيغة الجزيئية $C_4H_8O_2$.

(أ) عند التحلل المائي للإستر A، تم الحصول على كحول درجة غليانه 78°C وحمض الأسيتيك.

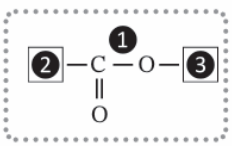
اكتب الصيغة البنائية واسم الإستر A.

(ب) عند إضافة الحمض الكربوكسيلي الناتج من التحلل المائي للإستر B إلى أنبوب اختبار يحتوي على محلول مائي من نترات الفضة النشادرية، ترسبت الفضة على الجدار الداخلي لأنبوب الاختبار.

كما أنه عند أكسدة الكحول الناتج من B، تكوّن كيتون. اكتب الصيغة البنائية للإستر B.

(جـ) عند أكسدة الكحول الناتج من التحلل المائي للإستر C، يتكوّن الفورمالدهيد. كما أنه عند إضافة الحمض الكربوكسيلي الناتج إلى أنبوب اختبار يحتوي على محلول مائي من نترات الفضة النشادرية، لم تترسب الفضة. اكتب الصيغة البنائية للإستر C.

الشرح

(أ) **١.** أكتب رابطة الإستر 

٢. بما أن الحمض الكربوكسيلي هو حمض الأسيتيك CH_3COOH، فإن تركيبة يحتوي على المجموعة CH_3 بالإضافة إلي مجموعة الكربوكسيل

٣. الكحول الذي له درجة الغليان 78°C هو الإيثانول (C_2H_5OH).

لذلك، الصيغة البنائية: $CH_3-C(=O)-O-CH_3$

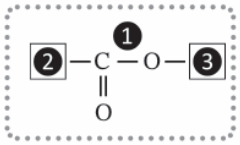
يتم إنتاج أسيتات الإيثيل عن طريق أسترة الإيثانول وحمض الاسيتيك

وما يُنتج الإيثانول وحمض الأسيتيك عند التحلل المائي هو أسيتات الإيثيل.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

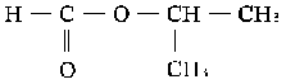
الاسم: أسيتات الإيثيل.

(ب) ١. أكتب رابطة الإستر

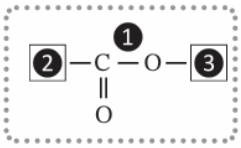


٢. بما أن الحمض الكربوكسيلي الناتج من التحلل المائي يعطي تفاعل المرآة الفضية، مما يعني أنه يحتوي على مجموعة فورميل.

٣. بما أن الصيغة الجزيئية هي $C_4H_8O_2$، فإن ما يتصل بذرة الأكسجين مجموعة C_3H_7. وبما أن الكحول الناتج من B يعطي كيتون بالأكسدة، هذا يدل علي أنه كحول ثانوي، وترتبط مجموعة الهيدروكسيل بذرة الكربون المركزية. لذلك، الصيغة البنائية المطلوبة هي:

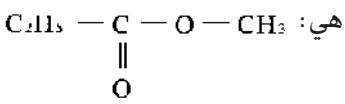


(جـ) ١. أكتب رابطة الإستر



٢. بما أن أكسدة الكحول الناتج من التحلل المائي تعطي الفورمالدهيد، يدل ذلك علي أنه الميثانول CH_3OH.

٣. بما أن الصيغة الجزيئية هي $C_4H_8O_2$، فإن ما يتصل بذرة الكربون هو C_2H_5.

لذلك، الصيغة البنائية المطلوبة هي: 

.

تفسير البيانات – يحلل الطلاب النتائج التالية:

المركب	الذوبان في الماء	رائحة الفاكهة	التفاعل مع NaOH
الإيثانول	عالٍ	لا	لا
أسيتات الإيثيل	منخفض	نعم	نعم
حمض الأسيتيك	عالٍ	لا	نعم

الأسئلة:

أي المركبات السابقة يمكن أن يكون إستر؟ اشرح إجابتك باستخدام البيانات.

.....

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

١. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه:

يُسمى المركب الناتج من نزع جزئ (a) من مجموعة (b) لحمض كربوكسيلي ومجموعة (c) لكحول بـ(d). على سبيل المثال، عند إضافة كمية صغيرة من حمض الكبريتيك المركّز إلى خليط من حمض الأسيتيك والإيثانول والتسخين الهين، يُنتَج (d) يُسمى (e). يُسمى هذا التفاعل (f). مركبات (d) ذات الوزن الجزيئي المنخفض سوائل متطايرة ذات رائحة تشبه (g)، وتذوب بدرجة عالية في (الماء • المذيبات العضوية).

(i) املأ الفراغات بالكلمات أو أسماء المواد المناسبة في النص. كما اختر الإجابة الصحيحة لـ ( )

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ii) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل في الجزء الذي تحته خط.

(iii) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل الذي يحدث عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى (e) وتسخينه.

٢. عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى الإستر A و الذي له الصيغة الجزيئية $C_5H_{10}O_2$ وتسخينه، ثم إضافة حمض لمعادلته، تم الحصول على الحمض الكربوكسيلي B والكحول C. الكحول C لا يتأكسد بسهولة. الحمض الكربوكسيلي B سائل عديم اللون وأظهر تفاعلًا مع محلول مائي من نترات الفضة النشادرية. اكتب الصيغة البنائية لـ A، والصيغ البنائية والأسماء لـ B و C.

التفكير النقدي:

الفرض: ذرة الأكسجين في الإستر تأتي من الكحول.

الدليل: اكتُشف نظير الأكسجين-18 في ناتج إستر.

التفسير: تفسيرك هو .....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي مما يلي يفسر اعتبار تفاعل الأسترة تفاعل تكاثف؟

(أ) انتاج الأكسجين (ب) نزع الماء.

(جـ) تُكوّن ثاني أكسيد الكربون (د) كسر الروابط الثنائية

٢. أي تفاعل مما يلي يعتبر عكس الأسترة؟

(أ) الاحتراق (ب) الأكسدة

(جـ) التحلل المائي (د) البلمرة

٣. عند إضافة كمية صغيرة من حمض الكبريتيك المركّز إلى خليط من حمض الأسيتيك والميثانول والتسخين الهين، يُنتَج (a). يُسمى هذا التفاعل (b)، وذرة الأكسجين في الماء الناتج من التفاعل مصدرها حمض الأسيتيك. (a) أخف من الماء، سائل (c) في الماء، وله رائحة عطرية.

(i) املأ الفراغات من (a) إلى (C) بالكلمات المناسبة في النص.

(ii) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل في الجزء الذي تحته خط.

(iii) ما اسم جميع المواد الناتجة عند إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى (a) وتسخينه. وما اسم هذا التفاعل.

(iv) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل الذي يحدث عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى (a) وتسخينه. واذكر اسم هذا التفاعل.

٤. اعتبر الإسترات من A إلى C والتي لها الصيغة الجزيئية $C_5H_{10}O_2$. وبالتحلل المائي لكل منها، A: يعطي حمض البروبيونيك والإيثانول، B : يعطي حمض الأسيتيك والكحول D وعند إضافة محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم المائي إلى الكحول D تكوّن كيتون، C : يعطي 2- بيوتانول والحمض الكربوكسيلي E الذي يتفاعل مع محلول مائي من نترات الفضة النشادرية. أجب عن الأسئلة التالية.

(أ) اكتب الصيغ البنائية للمركبات A إلى E.

(ب) أي من المركبات A إلى D له خصائص اختزالية؟ اختر جميع الحروف المناسبة.

(جـ) أي من المركبات A إلى E يحتوي على ذرة كربون كيرالية؟ اختر جميع الحروف المناسبة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٤-١١ — الدهون والزيوت / الصابون

مقدمة

تخيل غسل أطباق دهنية بالماء فقط. مهما تم غسلها بالماء ، يبقى الدهن ملتصقًا بالسطح. لكن، بمجرد إضافة كمية صغيرة من سائل غسيل الأطباق، يختفي الدهن فجأة.

فكر الآن في ملاحظة يومية أخرى. لماذا يكون زيت الزيتون سائلًا في درجة حرارة الغرفة بينما يبقى الزبد صلبًا، رغم أن كليهما مصنوع من الدهون؟

في هذا الدرس، سنستكشف كيمياء الدهون والزيوت والصابون، ونكتشف كيف تحدد البنية الجزيئية خصائصها واستخداماتها وأهميتها في الحياة اليومية.

؟ سؤال توجيهي: كيف تحدد البنية الجزيئية للدهون والزيوت والصابون خصائصها الفيزيائية وأدوارها البيولوجية وتطبيقاتها الصناعية؟

الاستكشاف

ضع قطرة من زيت الطهي في كوب ماء. مهما انتظرت، لا يختلط بالماء ويُكوّن الزيت طبقة منفصلة.

أضف الآن بضع قطرات من الصابون السائل وحرّك برفق. ينقسم الزيت إلى قُطيرات صغيرة وينتشر في جميع أنحاء الماء.

- لماذا ينجح الصابون ويفشل الماء؟ .....
- ماذا يحدث على المستوى الجزيئي؟ .....

تعلم

١. الدهون والزيوت:

(أ) **الدهون والزيوت:** إسترات لأحماض دهنية طويلة السلسلة والجليسرين.

(ب) **تصنيف الدهون والزيوت:**

(i) **الدهن:** صلبة في درجة حرارة الغرفة.

(ii) **الزيت الدهني:** دهون وزيوت سائلة في درجة حرارة الغرفة.

- **الزيت المُجفِّف:** زيوت دهنية تتأكسد بسهولة وتتصلب في الهواء.
- **الزيت المُصلَّب (الزيت المهدرج):** زيوت دهنية تُصلَّب بإضافة الهيدروجين

(جـ) تركيب الدهون والزيوت ووزنها الجزيئي:

- يحتوي جزيء واحد من الدهن أو الزيت على 3 روابط إسترية.
- الوزن الجزيئي للدهن/الزيت = مجموع الأوزان الجزيئية لـ 3 أحماض دهنية طويلة السلسلة + 38 حيث يمثل العدد 38 الوزن الجزيئي لجزيئات الجليسرول $-3H_2O$

(تركيب الدهون والزيوت)

روابط إسترية

$$R^1-COO-CH_2$$
$$|$$
$$R^2-COO-CH$$
$$|$$
$$R^3-COO-CH_2$$

بنية العلم

الحقيقة الأساسية:

- كل جزيء دهن يحتوي على ثلاث روابط إسترية.
- الدهون المشبعة لا تحتوي على أي روابط C=C
- الدهون غير المشبعة تحتوي على رابط أو أكثر من روابط C=C

المفاهيم الأساسية:

- ثلاثي الجليسريد
- رابطة الإسترة
- حمض دهني مشبع
- حمض دهني غير مشبع
- الهدرجة
- قيمة التصبن
- قيمة اليود

فكّر كمهندس:

غالبًا ما يقوم مصنّعو الأغذية بهدرجة الزيوت النباتية لتحسين مدة الصلاحية.

ما المزايا الهندسية التي توفرها الهدرجة؟

ما الآثار الصحية التي ينبغي على المهندسين مراعاتها؟

.....

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(د) قيمة التصبن وقيمة اليود:

(i) **قيمة التصبن:** القيمة العددية لكتلة هيدروكسيد البوتاسيوم KOH [gm] (الوزن الجزيئي له 56) اللازمة لتصبن 1g من الدهن أو الزيت.

– كمية هيدروكسيد البوتاسيوم KOH اللازمة لتصبين 1 mol من الدهن أو الزيت هي 3 mol.

يلزم KOH واحد لكل رابطة إسترية واحدة.

– باعتبار أن متوسط الوزن الجزيئي للدهن أو الزيت هو (M) فإن رقم التصبن يمكن حسابه من العلاقة :

$$\frac{1}{M} \times 3 \times 56 \times 10^3$$

استقصاء تجريبي:

ابحث عن زيوت الطهي المختلفة المتوفرة في المنزل.

البحث:

- أيها يحتوي في الغالب على دهون مشبعة ؟
- أيها يحتوي على دهون غير مشبعة ؟
- أيها مهدرج ؟

تنبَّأ بأي منها ستكون له أعلى قيمة يود.

.....

(ii) **قيمة اليود:** القيمة العددية لكتلة اليود I_2 [gm] (الوزن الجزيئي لليود 254) التي يمكن إضافتها إلى 100 g من الدهن أو الزيت.

يمكن إضافة اليود I_2 بمقدار عدد الروابط الثنائية بين ذرات الكربون.

– باعتبار أن متوسط الوزن الجزيئي للدهن أو الزيت هو (M) وعدد الروابط المزدوجة لكل جزئ (n) فإن رقم اليود يمكن حسابه من العلاقة :

$$\frac{1}{M} \times n \times 254$$

تركيب الأحماض الدهنية	أحماض دهنيج غير مشبعة			أحماض دهنية مشبعة	
	حمض اللينولينلك	حمض اللينوليك	حمض الأوليك	حمض الاستياريك	حمض البالمتيك
الصيغة الكيميائية	$C_{15}H_{31}-COOH$	$C_{17}H_{35}-COOH$	$C_{17}H_{33}-COOH$	$C_{17}H_{31}-COOH$	$C_{17}H_{29}-COOH$
درجة الأنصهار	−11°C	−5°C	13°C	71°C	63°C
عدد روابط الكربون المزدوجة (C = C)	3	2	1	0	0
زيت عباد الشمس (زيت ذهبي)	0.3	66.9	20.2	4.2	6.2
زيت الصويا (زيت دهني)	6.1	50	22	4	9.9
شحم البقر (دهن)	0.2	3.3	41	14	23

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

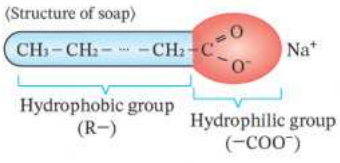
نشاط تفسير البيانات:

ادرس جدول تركيب الأحماض الدهنية. أي زيت تتوقع أن يكون له:

- أعلى قيمة يود؟
- أدنى درجة انصهار؟
- أكبر مقاومة للأكسدة؟

ادعم استنتاجاتك باستخدام البيانات.

٢. الصابون



(أ) **الصابون:** ملح صوديوم لحمض دهني طويل السلسلة، RCOONa، يُحضَّل من تصبين الدهون والزيوت بمحلول هيدروكسيد الصوديوم المائي.

(ب) **تركيب الصابون:** يتكون من مجموعة كارهة للماء (محبة للدهون)، وهي مجموعة هيدروكربونية R−، ومجموعة محبة للماء، $-COO^-$.

(جـ) **الفاعل بالسطح (المادة الفعالة سطحياً Surfactant):**

مادة تحتوي على مجموعة كارهة للماء ومجموعة محبة للماء معاً، مثل الصابون. تترتب هذه المواد على سطح الماء وتقلل من توتره السطحي.

(د) **الفعل الاستحلابي (Emulsifying action):**

الفعل الذي يحيط فيه الجزء الكاره للماء من الصابون بالزيت ويعمل على تشتيته في الماء.

(هـ) **خصائص الصابون:**

- محلوله المائي قاعدي ضعيف.
- عندما يتجاوز التركيز في المحلول المائي مستوى معينًا، تتجمع الأيونات لتكوين جسيمات غروية. تُسمى هذه الجسيمات الغروية بالميسيلات.
- في الماء العسر الذي يحتوي على كمية كبيرة من Ca^{2+} و Mg^{2+}، يُكوّن أملاحًا ضعيفة الذوبان ويفقد قدرته التنظيفية.

(و) **المنظف الصناعي:** فاعل بالسطح مُصنَّع اصطناعيًا. محلوله المائي متعادل، ويحافظ على قدرته التنظيفية حتى في الماء العسر.

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بدهن/زيت يتكوّن من جزيئين من حمض الأوليك $C_{17}H_{33}COOH$ (الكتلة الجزيئية النسبية 282) وجزيء واحدة من حمض البالمتيك $C_{15}H_{31}COOH$ (الكتلة الجزيئية النسبية 256) لكل جزيء من الدهن/الزيت. ($I_2 = 254$، $KOH = 56$)

(i) احسب قيمة التصبن لأقرب عدد صحيح.

(ii) احسب قيمة اليود لثلاثة أرقام عشرية.

(ب) املأ الفراغات بالكلمات المناسبة في النص التالي:

عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى الدهن/الزيت وتسخينه، يحدث (A)، منتجًا (B) وملح صوديوم لحمض دهني طويل السلسلة. يُسمى هذا الملح الصوديومي (C). يتكون (C) من مجموعة هيدروكربونية كارهة للماء ومجموعة محبة للماء من الذرات. عندما يذوب (C) في الماء، يُكوّن جسيمات غروية بالجزء الكاره للماء على الجانب (D) والجزء المحب للماء على الجانب (E). يُسمى هذا (F). عند إضافة الزيت وماء (C) والرج جيدًا، يتحول الزيت إلى قُطيرات دقيقة وينتشر في الماء، مُكوّنًا مستحلبًا. يُسمى هذا الفعل لـ(C) بفعل (G)، ولهذا السبب تُزال بقع الزيت. ولأن (C) ملح حمض ضعيف وقاعدة قوية، فإنه يتحلل جزئيًا في المحلول المائي، ويكون المحلول المائي (H).

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

(جـ) عند استخدام الصابون في الماء العسر، لا يُكوّن رغوة جيدة وتنخفض فعاليته التنظيفية. اشرح السبب باختصار.

الشرح

(أ) (i) بما أن الكتلة الجزيئية النسبية للدهن/الزيت = مجموع الكتل الجزيئية النسبية لـ 3 أحماض دهنية طويلة السلسلة + 38، فإن الكتلة الجزيئية النسبية هي:

بما أن قيمة التصبن ، فإن قيمة التصبن هي: $282 \times 2 + 256 + 38 = 858$

الإجابة: $858 \times 3 \times 56 \times 10^3 = 195.8$

الكتلة الجزئية لـ(M): $\frac{1}{M} \times 3 \times 56 \times 10^3$

(ii) قيمة اليود: عدد الروابط المزدوجة (n): متوسط الكتلة الجزيئية (n): $\frac{100}{M} \times n \times 254$

عندما يحتوي الجذر الكربوني (R) في الحمض الدهني طويل السلسلة (R – COOH) على روابط أحادية فقط، يُمثّل بالصيغة $C_nH_{2n+1}COOH$ فبالنسبة لـ 15 ذرة كربون، تكون الصيغة $C_{15}H_{31}COOH$ ، ولذلك فإن حمض البالمتيك لا يحتوي على روابط مزدوجة. أما بالنسبة لـ 17 ذرة كربون، فتكون الصيغة المشبعة $C_{17}H_{35}COOH$ ، وحمض الأوليك يقل عنه بذرتي هيدروجين، مما يعني احتواءه على رابطة مزدوجة واحدة. وبناءً على ذلك، وبتحديد عدد الرابط المزدوجة في جزيء الدهن أو الزيت، يمكن حساب رقم اليود (Iodine Value) والذي يعبر عن كتلة اليود (gm) التي تتفاعل مع 100g من الزيت أو الدهن لتحديد درجة عدم التشبع. لذلك، قيمة اليود هي:

الإجابة: $\frac{100}{858} \times 2 \times 254 = 59.20$

(ب) A: التصبن B: الجليسرين C: الصابون D: الداخل

E: الخارج F: الميسيل G: الاستحلاب H: قاعدي ضعيف

(جـ) يتفاعل الصابون مع أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) وأيونات الماغنيسيوم (Mg^{2+}) الموجودة في الماء العسر لتكوين راسب غير ذائب يُسمى "الرغوة الصلبة" (الصابون المعدني). ولأن جزيئات الصابون تُستهلك لتكوين هذا الراسب، فإنها لا تستطيع القيام بوظيفتها في خفض التوتر السطحي وإزالة الأوساخ، مما يؤدي إلى ضعف الرغوة وانخفاض القدرة التنظيفية.

التصورات الخطأ:

زيادة الصابون لا تعني دائمًا تنظيفًا أفضل.
في المياه العسرة، يتفاعل الكثير من الصابون مع أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم قبل أن يتمكن من إزالة الدهون.

حاول بنفسك:

اجب عما يأتى:

١. تُسمى كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم [g] اللازمة لتصبن 1g من الدهن/الزيت بقيمة التصبن، وتُسمى كتلة اليود [g] التي تُضاف إلى 100g من الدهن/الزيت بقيمة اليود.

$(C = 12، H = 1.0، O = 16، K = 39، I = 127)$

(أ) دهن/زيت معين يتكون الجزئ منه نتيجة أسترة جزئ من كل من حمض الستياريك $C_{17}H_{35}COOH$ وحمض اللينوليك $C_{17}H_{31}COOH$ وحمض اللينولينيك $C_{17}H_{29}COOH$ مع جزئ من الجليسرين. أوجد الوزن الجزيئي لهذا الدهن/الزيت.

(ب) احسب قيمة التصبن لهذا الدهن/الزيت لأقرب عدد صحيح.

(جـ) احسب قيمة اليود لهذا الدهن/الزيت لثلاثة أرقام عشرية.

(د) اكتب صيغة بنائية واحدة محتملة لهذا الدهن/الزيت.

٢. **املأ الفراغات بالكلمات المناسبة في النص التالي.**

عند تصبن الدهن/الزيت بمحلول هيدروكسيد الصوديوم المائي، ينتج ملح صوديومي لحمض دهني طويل السلسلة. هذا هو (A)، ومحلوله المائي (B) ضعيف بسبب التحلل المائي. يحتوي (A) على مجموعة هيدروكربونية (C) ومجموعة محبة للماء –COO–، ويتجمع في المحلول المائي مع المجموعات الهيدروكربونية على الجانب (D). يُؤخذ الزيت الملتصق بالألياف إلى هذا الجانب

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(D) ويصبح من الأسهل انتشاره في الماء. يُسمى هذا فعل (E). لكن، في الماء (F) الذي يحتوي على كمية كبيرة من Ca^{2+} أو Mg^{2+}، ينتج أملاح ضعيفة الذوبان، وتنخفض القدرة التنظيفية. لذلك، في المنظفات الصناعية، تُستخدم أملاح تتكون من أحماض قوية وقواعد قوية، مثل ألكيل بنزين سلفونات الصوديوم. كما أن هذا المحلول المائي (G).

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي من الدهون التالية دهن له أعلى قيمة يود؟

(أ) دهن يحتوي على أحماض دهنية مشبعة فقط (ب) دهن يحتوي على رابطة ثنائية واحدة

(جـ) دهن يحتوي على عدة روابط ثنائية (د) دهن مهدرج

٢. أي من العبارات التالية يعد صحيحا عن قيمة التصبن ؟

(أ) تزداد مع زيادة الكتلة الجزيئية. (ب) تعتمد فقط على عدد الروابط الثنائية.

(ج) تكون أعلى للدهون ذات الكتلة الجزيئية الأقل. (د) تقيس حموضة الدهون.

٣. أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بدهن/زيت يكون حمضه الدهني المكوّن هو حمض الأوليك $C_{17}H_{33}COOH$ فقط (الكتلة الجزيئية النسبية 282) ($I_2 = 254$، $KOH = 56$)

(أ) احسب قيمة التصبن لأقرب عدد صحيح.

(ب) احسب قيمة اليود لثلاثة أرقام عشرية.

(جـ) اكتب الصيغة البنائية المحتملة لهذا الدهن/الزيت.

٤. اقرأ النص التالي، واختر الكلمات المناسبة للفراغات من (i) إلى (viii) من الخيارات A إلى L التي تليه.

الدهون والزيوت مهمة كمكونات غذائية، وتُسمى مع الكربوهيدرات والبروتينات بالمغذيات الكبرى الثلاث. من بين الدهون والزيوت، تُسمى تلك الصلبة في درجة حرارة الغرفة (i)، وتُسمى تلك السائلة زيوتًا دهنية. من بين الزيوت الدهنية، تُسمى تلك المحتوية على العديد من الأحماض الدهنية غير المشبعة التي تتصلب بسهولة عند تركها في الهواء (ii). كما تُسمى الزيوت الدهنية المُصلَّبة بإضافة الهيدروجين تحت حفاز نيكل (iii)، وتُستخدم كمواد خام للسمن الصناعي.

عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى الدهون والزيوت وتسخينها، تتصبَّن لتُنتج (iv) وأملاح صوديوم للأحماض الدهنية. يُسمى الملح الصوديومي لحمض دهني صابونًا. ولأن الصابون يحتوي على مجموعتين أحدهما محبة الماء والأخرى كارهه الماء، فإن له خاصية خفض التوتر السطحي للماء. تُسمى مادة تعمل بهذه الطريقة (v). في الماء، تُرتِّب جزيئات الصابون أجزاءها الكارهة للماء في الداخل وأجزاءها المحبة للماء في الخارج لتكوين جسيمات غروية كروية تُسمى (vi). عند مزج كمية صغيرة من الزيت في ماء صابوني ورجه بقوة، يُحاط الزيت بالصابون وينتشر في الماء، ويُسمى هذا فعل (vii). لكن، في (viii) التي تحتوي على كمية كبيرة من Ca^{2+} أو Mg^{2+}، تُنتَج أملاح ضعيفة الذوبان، وتنخفض القدرة التنظيفية.

A. الميسيل	B. الزيت المتصلَّب	C. الزيت المُجفِّف	D. فعل الاستحلاب
E. الفاعل بالسطح	F. التشتت	G. الدهن	H. الجليسرين
I. إيثيلين جليكول	J. الماء اليسر	K. الماء العسر	L. الماء النقي

فكِّر كمهندس:

نوعين من الزيت لهما نفس الكتلة الجزيئية.

الزيت A يحتوي علي 3 روابط C=C. الزيت B يحتوي علي رابطة C=C واحدة.

دون حساب، أيهما له قيمة يود أعلى؟ اشرح.

.....

كن مواطنًا عالميًّا:

يطوّر مصنعو المنظفات مواد فعالة سطحيًا قابلة للتحلل الحيوي، تتحلل بسهولة أكبر في البيئة، فتقلل تلوث المياه وتحمي النظم البيئية المائية. وتهدف الكيمياء الخضراء إلى تصميم منظفات فعالة وصديقة للبيئة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

١٤-٤ — الهيدروكربونات الأروماتية

مقدمة

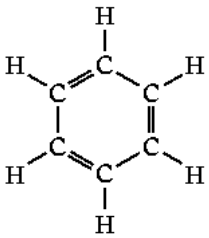
عند السير في أحد شوارع المدينة، ستجد مواد تشترك جميعها في شيء واحد. فالوقود المستخدم في السيارات، والأجزاء البلاستيكية في الأجهزة الإلكترونية، والأصباغ في الملابس، والعديد من الأدوية، والعطور، وحتى الأسبرين، كلها تحتوي على مركبات مبنية حول التركيب الجزيئي المميز نفسه: حلقة البنزين.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف يمنح التركيب الفريد للهيدروكربونات الأروماتية استقرارها الملحوظ، وتفاعلاتها، وتطبيقاتها العديدة في العلوم والتكنولوجيا والصناعة.

سؤال توجيهي: لماذا تتميز حلقة البنزين باستقرار استثنائي، وكيف يؤثر هذا الاستقرار على تفاعلاتها وأهميتها الصناعية؟

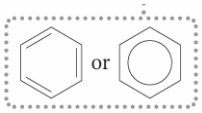
تعلم

١. الهيدروكربونات الأروماتية:



(أ) **البنزين:** مادة ذات تركيب تتمركز فيه 6 ذرات كربون عند أركان سداسي منتظم، وترتبط بكل ذرة كربون ذرة هيدروجين واحدة. الصيغة الجزيئية هي C_6H_6.

- يُسمى الهيكل الكربوني السداسي المنتظم للبنزين حلقة البنزين.
- غالبًا ما تُكتب الصيغة البنائية للبنزين بشكل مختصر.



(ب) الهيدروكربونات الأروماتية: هيدروكربونات تحتوي على حلقة بنزين.

ظاهرة طبيعية

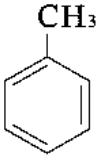
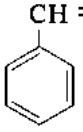
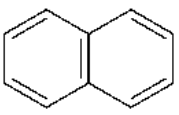
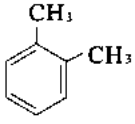
تنتج العديد من النباتات بشكل طبيعي مركبات أروماتية مسؤولة عن روائحها المميزة. ومن الأمثلة على ذلك:

- الفانيليا
- القرفة
- القرنفل
- الونترجرين (من نبات الشاي الكندي)

تساعد هذه المركبات الأروماتية الطبيعية النباتات على جذب الملقّحات أو الدفاع عن نفسها ضد الحشرات.

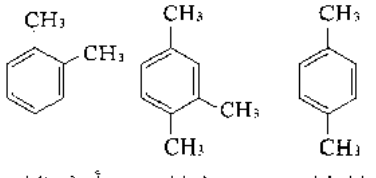
(جـ) أمثلة على الهيدروكربونات الأروماتية غير البنزين:

جدول (4-12-1): أمثلة على الهيدروكربونات العطرية بخلاف البنزين

الاسم	التولوين	الستيرين	النفثالين	أورثو-زيلين
الصيغة البنائية				

عندما يوجد مجموعتا استبدال على حلقة البنزين، كما في حالة الزيلين، توجد 3 أنواع من الأيزومرات البنائية: أورثو (o-)، وميتا (m-)، وبارا (p-)، وذلك حسب مواضع مجموعات الاستبدال (الشكل 1-12-4)

ايزومرات الزيلين



بارا-زايلين — ميتا-زايلين — أورثو-زايلين

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

- كل ذرة كربون في البنزين مهجّنة sp^2.
- جميع روابط C–C متساوية الطول.
- يحتوي البنزين على إلكترونات π غير موضعية.
- تفضّل المركبات الأروماتية تفاعلات الاستبدال على تفاعلات الإضافة.

المفاهيم الأساسية:

- الهيدروكربون الأروماتي
- حلقة البنزين
- الإلكترونات غير الموضعية
- الاستقرار الأروماتي
- تفاعل الاستبدال
- تفاعل الإضافة
- الحفاز

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. تفاعلات البنزين

(أ) **تفاعلات الاستبدال:** بما أن حلقة البنزين مستقرة، تحدث بسهولة تفاعلات الاستبدال التي يُستبدل فيها هيدروجين بذرات أو مجموعات أخرى.

(i) **الهلجنة:**

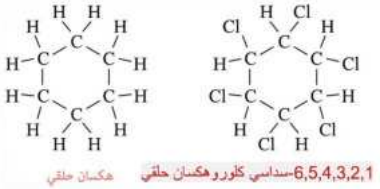
- **الكلورة:** عند تفاعل الكلور Cl_2 مع البنزين باستخدام برادة الحديد كحفاز، ينتج كلوروبنزين C_6H_5Cl.
- **البرومة:** عند تفاعل البروم Br_2 مع البنزين باستخدام برادة الحديد كحفاز، يُنتج بروموبنزين C_6H_5Br.

(ii) **السلفنة:** عند إضافة حمض الكبريتيك المركّز إلى البنزين وتسخينه، يُنتج حمض البنزين سلفونيك $C_6H_5SO_3H$.

(iii) **النيترة:** عند إضافة خليط من حمض الكبريتيك المركّز وحمض النيتريك المركّز إلى البنزين وتسخينه، يُنتج نيتروبنزين C_6H5NO_2.

(ب) تفاعلات الإضافة:

- عند تفاعل الهيدروجين H_2 تحت ضغط عالٍ مع البنزين باستخدام النيكل أو البلاتين كحفاز، يُنتج سيكلوهكسان C_6H_{12}.
- عندما يُعرَّض خليط من البنزين والكلور للأشعة فوق البنفسجية، يُنتج 1،2،3،4،5،6-سداسي كلورو سيكلوهكسان $C_6H_6Cl_6$.



(جـ) تفاعل الأكسدة: عندما يُسخَّن البنزين إلى درجة حرارة مرتفعة ويتفاعل في وجود أكسيد الفاناديوم (V) V_2O_5 عاملًا حفازًا، يتكوّن أنهيدريد الماليك.

تطبيق حياتي:

تحتوي العديد من الأدوية — بما في ذلك الأسبرين وبعض المضادات الحيوية — على حلقات أروماتية، لأن تركيبها المستقر يتيح لها التفاعل بفعالية مع الجزيئات الحيوية.

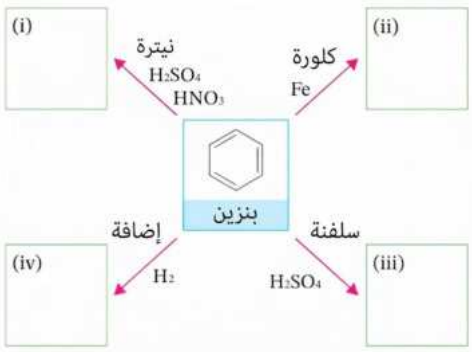
مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) حدد عدد الأيزوميرات للمركبات الأروماتية التي لها الصيغ الجزيئية التالية:

(i) $C_6H_4Cl_2$ (ii) C_8H_{10}

(ب) اكتب الأسماء والصيغ البنائية المقابلة لـ (i) إلى (iv) في الشكل التالي الذي يوضح تفاعلات البنزين الأربعة:



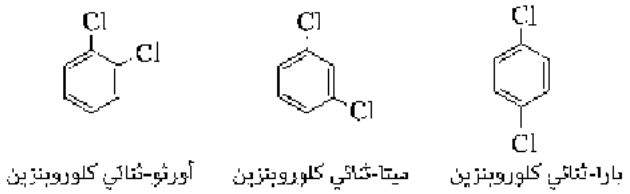
كن مواطنًا عالميًا

تسهم المركبات الأروماتية في تقدّم الطب والتكنولوجيا، لكن بعضها، مثل البنزين، يُعد من الملوثات الخطرة. الإنتاج المسؤول والتعامل الآمن ضروريان لحماية صحة الإنسان والبيئة.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

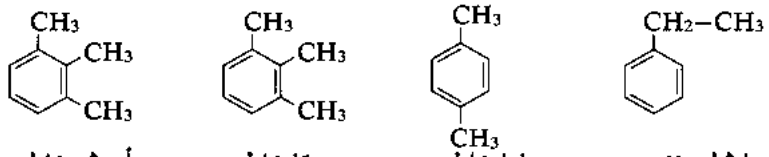
الشرح

(a) (i)

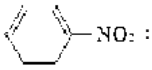


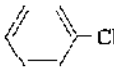
بارا-ثنائي كلوروبنزين ميتا-ثنائي كلوروبنزين أورثو-ثنائي كلوروبنزين

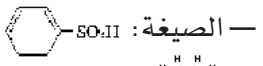
(ii) بالإضافة إلى مواضع الأورثو والميتا والبارا للزيلين، يوجد ايزوميرر رابع يحتوي على مجموعة إيثيل $-CH_3CH_2$ وهو الإيثيل بنزين. لذلك، يوجد 4 أيزومرات:



أورثو-زايلين ميتا-زايلين بارا-زايلين إيثيل بنزين

(b) (i) الاسم: نيتروبنزين — الصيغة: 

(ii) الاسم: كلوروبنزين — الصيغة: 

(iii) الاسم: حمض البنزين سلفونيك — الصيغة: 

(iv) الاسم: سيكلوهكسان — الصيغة:

التفكير النقدي:

يقول أحد الطلاب: "الأورثو والميتا والبارا-زيلين مركبات مختلفة."

قيّم هذا الفرض:

- هل هذا التفسير دقيق تمامًا؟ .....
- ما الأدلة التي تدعمه أو تتحداه؟ .....
- ما المنطق الذي يدعم هذا الدليل؟ .....

الاستدامة

تعمل الصناعات الكيميائية الحديثة على تطوير عمليات حفازة أكثر مراعاة للبيئة، تقلل من استهلاك الطاقة والنفايات أثناء إنتاج المركبات الأروماتية.

حاول بنفسك:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي زوج مما يلي يمثّل أيزوميرات موضعية؟

(أ) البنزين والسيكلوهكسان

(ب) الإيثان والإيثين

(جـ) أورثو-زيلين وبارا-زيلين

(د) البنزين والتولوين

٢. أي عبارة تفسّر استقرار البنزين بأفضل شكل؟

(أ) يحتوي على روابط أحادية فقط.

(ب) إلكترونات π فيه غير موضعية حول الحلقة.

(جـ) يحتوي على روابط ثلاثية.

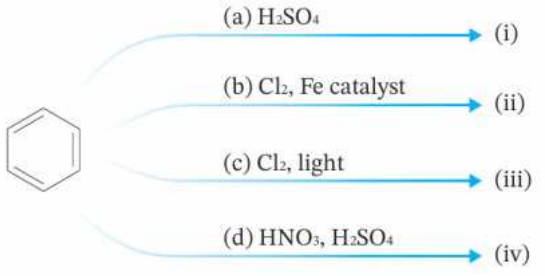
(د) يحتوي على ست روابط ثنائية منفصلة.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٣. اكتب جميع الصيغ البنائية للمركبات الأروماتية التي لها الصيغة الجزيئية $C_6H_4Br_2$.

.....

٤. من الشكل التالي . أجب عن الأسئلة :



(أ) اكتب الصيغ البنائية وأسماء المركبات من (i) إلى (iv) في الشكل.

(ب) اكتب اسم التفاعلات من (a) إلى (d) في الشكل.

تحدَّ تفكيرك:

ابحث عن المنتجات الشائعة في المنزل التي تحتوي على مركبات أروماتية. قد تشمل الأمثلة :

- العطور
- المنظفات
- الأدوية
- البلاستيك
- النكهات الغذائية

صنِّف كل منتج حسب المركب الأروماتي الذي يحتويه، إن أمكن.

.....

تدرب:

١. اكتب جميع الصيغ البنائية لأيزوميرات الهيدروكربون الأروماتي الممثَّل بالصيغة الجزيئية C_8H_{10}.

٢. اكتب أسماء وصيغ المركبات العضوية الناتجة عند إجراء العمليات (a) إلى (d) التالية على البنزين. واختر اسم التفاعل من A إلى E التي تليه، واختر الحرف المناسب.

(أ) تفاعل البنزين مع الكلور باستخدام مسحوق الحديد كحفاز.

(ب) إضافة خليط من حمض النيتريك المركّز وحمض الكبريتيك المركّز والتسخين.

(جـ) تفاعل البنزين مع فائض من الهيدروجين باستخدام حفاز النيكل.

(د) إضافة حمض الكبريتيك المركّز والتسخين.

A	B	C	D	E
الهلجنة	النيترة	السلفنة	الأكسدة	تفاعل الإضافة

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

١٣-٤ — الفينولات والأحماض الكربوكسيلية الأروماتية

مقدمة

كل يوم، يتناول ملايين الأشخاص الأدوية لتخفيف الألم أو خفض الحمّى أو علاج الالتهاب. يبدأ أحد أكثر الأدوية استخدامًا في العالم — الأسبرين — قصته بمركب أروماتي بسيط يُسمى الفينول.

والمثير للدهشة أن تغييرًا بسيطًا في تركيب الفينول يحوّله من مادة أكّالة إلى مركبات تحسّن صحة الإنسان وتُستخدم في الطب ومستحضرات التجميل والصناعة.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف تُظهر الفينولات وأحماض الكربوكسيل الأروماتية العلاقة القوية بين التركيب الجزيئي والتفاعلات الكيميائية والتطبيقات الواقعية.

سؤال توجيهي: لماذا تتصرّف الفينولات بشكل مختلف عن الكحولات رغم احتواء كليهما على مجموعة هيدروكسيل (HO -)؟

تعلم

١. الفينولات:

(أ) **الفينولات:** مركبات ترتبط فيها مجموعة الهيدروكسيل OH– مباشرة بذرة كربون في حلقة بنزين.

(ب) الفينول والكحولات: يحتوي الفينول على مجموعة هيدروكسيل، لكنه يُظهر **خصائص مختلفة عن الكحولات.**

(i) أوجه التشابه مع الكحولات

- يتفاعل مع الصوديوم لينتج الهيدروجين.
- يتفاعل مع أنهيدريد الخل لينتج إستر.

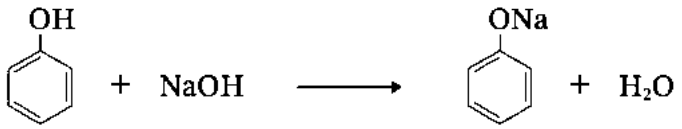
ظاهرة طبيعية

يحتوي لحاء أشجار الصفصاف بشكل طبيعي على مركبات مرتبطة بحمض الساليسيليك. ولعدة قرون، استخدم الناس لحاء الصفصاف لتخفيف الألم قبل أن يفهم العلماء تركيبه الكيميائي.

(ii) الاختلافات عن الكحولات:

- يتأيّن جزئيًا في المحلول المائي لينتج H^+، ويُظهر المحلول المائي حامضية ضعيفة.
- يتعادل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي ليصبح فينوكسيد الصوديوم.

مثال:



- يعطي لون بنفسجي عند إضافة محلول مائي من كلوريد الحديد (FeCl3(III

التفكير النقدي:

الادّعاء: تختلف الفينولات كيميائيًا عن الكحولات، رغم احتواء كليهما على مجموعة هيدروكسيل.

استخدم ملاحظتين على الأقل من الدرس:

1. ..... 2. .....

التفسير: اشرح كيف تغيّر حلقة البنزين سلوك الفينولات مقارنة بالكحولات.

.....

بنية العلم

الحقيقة الأساسية:

- تحتوي الفينولات على مجموعة OH– مرتبطة مباشرة بحلقة بنزين.
- الفينولات أكثر حموضة من الكحولات.
- تتفاعل الفينولات مع NaOH، بينما لا تتفاعل الكحولات.
- يُستخدم محلول كلوريد الحديد III للتعرّف على المركبات الفينولية.

المفاهيم الأساسية:

- الفينول
- الكحول الأروماتي
- اختبار كلوريد الحديد
- حمض الكربوكسيل الأروماتي
- المجموعة الوظيفية

تنبيه لتصحيح المفاهيم الخاطئة

✗ مفهوم خاطئ:

أن الفينول يحتوي على مجموعة هيدروكسيل. (–OH)، فإنه يسلك تمامًا مثل الكحول.

✓ التصحيح:

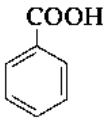
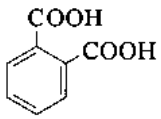
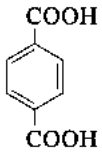
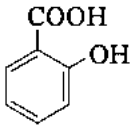
تغيّر حلقة البنزين البيئة الإلكترونية لمجموعة الهيدروكسيل، مما يجعل الفينول حمض ضعيف، ويمنحه تفاعلات فريدة، مثل التفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم ويعطي لون بنفسجي مع محلول كلوريد الحديد(III).

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

٢. الكربوكسيل الأروماتية:

(أ) أحماض الكربوكسيل الأروماتية: مركبات ترتبط فيها مجموعة الكربوكسيل COOH – بذرة كربون في حلقة بنزين. يُظهر المحلول المائي حامضية ضعيفة.

(ب) أنواع مختلفة من أحماض الكربوكسيل الأروماتية:

الاسم	حمض البنزويك	حمض الفثاليك	حمض التيرفثاليك	حمض الساليسيليك
الصيغة				
عملية التصنيع	أكسدة التولوين بمحلول برمنجنات البوتاسيوم المائي	أكسدة أورثو-زيلين	أكسدة بارا-زيلين	معالجة ساليسيلات الصوديوم (الناتجة من تفاعل فينوكسيد الصوديوم مع CO_2) بحمض الكبريتيك المخفف

فكّر كمهندس:

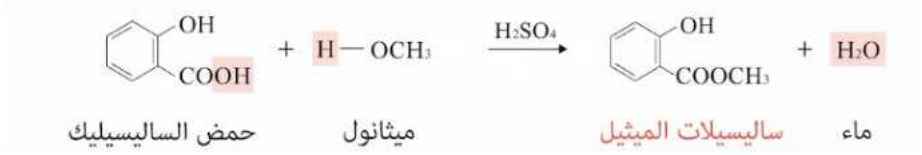
يجب على المهندسين الذين يختارون المواد للمستشفيات أو المختبرات مراعاة الفعالية الكيميائية والسلامة معًا.

لماذا يُعد فهم حموضة الفينولات وتفاعليتها مهمًا عند تصميم المطهرات ومنتجات التعقيم؟

.....

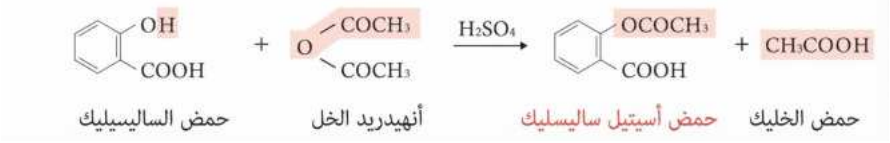
(جـ) تفاعلات حمض الساليسيليك:

(i) ساليسيلات الميثيل: تنتج من تفاعل الميثانول وحمض الكبريتيك المركّز مع حمض الساليسيليك.



- يُستخدم كمسكّن مضاد للالتهاب.
- يعطي لون مع محلول كلوريد الحديد(III) المائي

(ii) حمض أسيتيل الساليسيليك: ينتج من تفاعل أنهيدريد الخل وحمض الكبريتيك المركّز مع حمض الساليسيليك.



ملاحظة: يُسمى التفاعل الذي تُدخَل فيه مجموعة الأسيتيل – CH_3CO بهذه الطريقة الاستاله.

- يُستخدم كمسكّن وخافض للحرارة.
- لا يُظهر تفاعل لون مع محلول كلوريد الحديد (III) المائي..... لأنه لا يحتوي علي مجموعة OH– فينولية.

تقدير العلماء

حوّل العلماء حمض الساليسيليك الطبيعي إلى حمض أسيتيل الساليسيليك (الأسبرين)، مما قلّل من تهيّج المعدة مع الحفاظ على خصائصه المسكّنة للألم. يُعد هذا الاكتشاف أحد أعظم إنجازات الكيمياء الطبية.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) اخترجميع الخصائص التي تنطبق علي الفينول و الايثانول من A إلى D ، واخترالأحرف المناسبة .

(i) يتفاعل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي.

(ii) المحلول المائي متعادل.

(iii) يُظهرتفاعل لون مع محلول كلوريد الحديد (III) المائي.

(iv) يُنتج ألدهيد عند الأكسدة.

(ب) اكتب الاسم والصيغة البنائية للحمض الكربوكسيلي الناتج من أكسدة التولوين.

(جـ) أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بحمض الساليسيليك.

(i) املأ الفراغات من (A) إلى (C) بالكلمات المناسبة في النص التالي:

الفينول مادة ذات خاصية (A)، وتذوب في محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي لتكوّن (B). وعندما يتفاعل هذا مع (C) بالتسخين والضغط، يُنتج ساليسيلات الصوديوم، وعندما يتفاعل مع حمض الكبريتيك المخفف، يتحررحمض الساليسيليك.

(ii) اكتب الأسماء والصيغ البنائية للمركبين A وB الناتجين عن التفاعلين التاليين:

(iii) أي من المركبين A أو B يُظهر تفاعل لون مع محلول كلوريد الحديد(III) المائي؟ اذكر اسم المادة واشرح سبب اختيارك.

الشرح

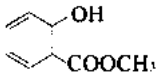
(أ) **الفينول:** يتعادل الفينول بمحلول قاعدي مثل هيدروكسيد الصوديوم ليكوّن ملحًا. كما أنه عند إضافة محلول كلوريد الحديد(III) المائي، يُظهرتفاعل لون بنفسجي. لذلك: A، C.

الإيثانول: الإيثانول كحول أوّلي، يذوب في الماء ليعطي محلول متعادل، ويتحوّل إلى ألدهيد عند الأكسدة. لذلك: B، D.

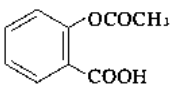
(ب) الاسم: حمض البنزويك – الصيغة:

(جـ) (i) A : حمض ضعيف B: فينوكسيد الصوديوم C: ثاني أكسيد الكربون

(ii) A الاسم: ساليسيلات الميثيل — الصيغة:



B الاسم: حمض أسيتيل الساليسيليك — الصيغة:



(iii) تفاعل اللون مع محلول كلوريد الحديد (III) المائي هو اختبار يُستخدم للكشف عن المركبات الفينولية (التي ترتبط فيها مجموعة الهيدروكسيل مباشرة بحلقة البنزين). تُظهر ساليسيلات الميثيل تفاعل اللون لأنها تحتفظ بمجموعة الهيدروكسيل الفينولية. أما حمض أسيتيل الساليسيليك، فلا يُظهرتفاعل اللون لأن مجموعة الهيدروكسيل الفينولية لحمض الساليسيليك قد تمت أستلتها بواسطة أنهيدريد الاسيتيك، وتحوّلت إلى رابطة إستر

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تفسير البيانات:

ادرس الجدول الذي يقارن بين الفينول والإيثانول.

الخاصية	الفينول	الإيثانول
يتفاعل مع NaOH	✓	✗
اختبار $FeCl_3$	بنفسجي	لا يعطي لون
حموضة ضعيفة	✓	✗

الأسئلة:

١. أي مركّب يسلك سلوك الحمض الضعيف؟

٢. أي ملاحظة تؤكد وجود مجموعة فينولية؟

٣. اشرح لماذا يحتوي كلا المركّبين على OH – لكنهما يُظهران سلوكًا كيميائيًا مختلفًا.

.....

حاول بنفسك:

اجب عما يأتي:

١. أمام كل من العبارات التالية من (أ) إلى (و)، اكتب «A» إذا كانت تنطبق على الفينول، و«B» إذا كانت تنطبق على الإيثانول، و«C» إذا كانت تنطبق على كليهما.

(أ) يعطي ألدهيد عند الأكسدة الغير تامة.

(ب) يُظهر المحلول المائي حامضية ضعيفة.

(جـ) يتفاعل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي ليكوّن ملحًا.

(د) يعطي لون بنفسجي مع محلول كلوريد الحديد(III) المائي.

(هـ) شديد الذوبان في الماء.

(و) يتفاعل مع الصوديوم وينتج غاز الهيدروجين.

٢. اكتب اسم والصيغة البنائية للحمض الكربوكسيل الأروماتي الناتج عند أكسدة بارا–زيلين.

.....

٣. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه.

عُرف منذ القدم أن لحاء الصفصاف له تأثير خافض للحرارة، لكن في منتصف القرن التاسع عشر، تبيّن أن مادّته الفعّالة هي المركّب A. وفيما بعد، تم تصنيع المركّب B، الذي استُبدلت فيه ذرّة الهيدروجين في مجموعة الهيدروكسيل للمركّب A بمجموعة أسيتيل، فأصبح أول دواء اصطناعي له تأثيرات خافضة للحرارة ومسكّنة.

من ناحية أخرى، يُستخدم المركّب C، الذي أُستُرت فيه مجموعة الكربوكسيل للمركّب A، على نطاق واسع في اللصقات الطبية لآلام العضلات وغيرها.

(أ) يوضح الشكل التالي مسار التفاعل عند تصنيع B وC من A. D وE كواشف ضرورية للتفاعل.

– اكتب الصيغ البنائية لـ A وB، وبالرجوع إلى الصيغة البنائية لـ C. اكتب الصيغة البنائية المكثّفة لـ E.

(ب) أكتب أسماء المركّبات من A إلى C.

(جـ) أي من المركّبات من A إلى C يعطي تفاعل لون عند إضافته إلى محلول كلوريد الحديد(III) المائي؟ اخترجميع الأحرف المناسبة.

التحدّي العالمي:

يتطلّب الطب الحديث أدوية فعّالة بأقل قدر من الآثار الجانبية. لو كنت كيميائيًا صيدلانيًا، كيف يمكنك تعديل تركيب حمض الساليسيليك لتطوير دواء محسّن مع الحفاظ على تأثيره العلاجي؟ ارسم أو صف فكرتك.

.....

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي من المركبات التالية يُستخدم لتصنيع الأسبرين؟

(أ) الإيثانول (ب) الميثانول (جـ) حمض الساليسيليك (د) الفينول

2. أي من الكواشف التالية يُستخدم بشكل شائع للتعرّف على الفينولات؟

(أ) ماء البروم (ب) كلوريد الصوديوم

(جـ) محلول كلوريد الحديد (III) (د) حمض الهيدروكلوريك

٣. بالنسبة للعبارات من (أ) إلى (ج) التالية، اختر جميع ما ينطبق من الخيارات من A إلى H، واختر الأحرف المناسبة.

(أ) ينطبق على الإيثانول، لكن لا ينطبق على الفينول.

(ب) ينطبق على الفينول، لكن لا ينطبق على الإيثانول.

(جـ) ينطبق على كل من الإيثانول والفينول.

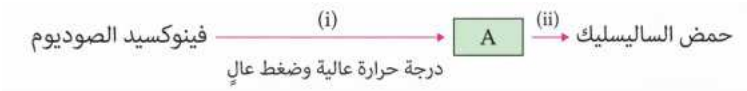
A	B	C	D
شديد الذوبان في الماء	يُنتج ألدهيد عند الأكسدة	يحتوي على OH–	المحلول المائي قاعدي

E	F	G	H
المحلول المائي حمضي	يتفاعل مع قاعدة ليكوّن ملحًا	يكوّن إستر	يُظهر تفاعل لون مع محلول كلوريد الحديد(III) المائي

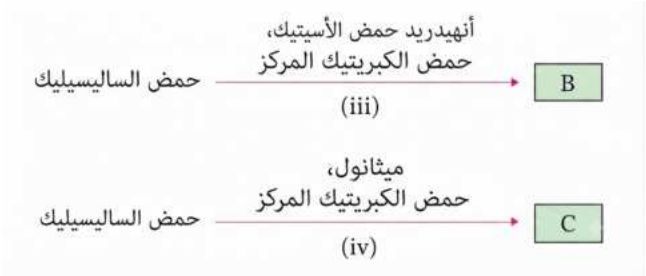
٤. اكتب اسم والصيغة البنائية لحمض الكربوكسيل الأروماتي الناتج عند أكسدة أورثو-زيلين.

٥. اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه :

يُصنَّع حمض الساليسيليك كما يلي:



استُخدم حمض الساليسيليك بفعالية كدواء، لكن نظرًا لظهور آثار جانبية عند تناوله، تم تطوير المركّب B. كما يمكن الحصول على المركّب C، المستخدَم للعلاج الموضعي، من حمض الساليسيليك.



(أ) اذكر الصيغ الكيميائية للمواد في (i) و(ii)، واكتب اسماء التفاعلات لـ (iii) و(iv).

(ب) اكتب اسماء المركّبات من A إلى C.

(جـ) اكتب الصيغ البنائية للمركّبات المناسبة لـ B وC.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

١٤-٤ — الأمينات الأروماتية ومركبات الآزو

مقدمة

تخيل ارتداء قميص زاهي الألوان، أو الطباعة بأحبار زاهية، أو استخدام شريط اختبار طبي سريع. تعتمد الكثير من هذه التقنيات على مركبات طُوِّرت أولًا من الأنيلين، وهو أمين عطري بسيط.

منذ أكثر من 150 عامًا، أحدث اكتشاف لصبغة مبنية على الأنيلين ثورة في صناعة النسيج وأطلق الصناعة الكيميائية الحديثة. واليوم، تُستخدم المركبات ذات الصلة في الأدوية والبلاستيك وتحليل الأغذية والتشخيص الطبي والمواد المتقدمة.

دعونا نستكشف كيف تتحول الأمينات العطرية إلى بعض من أهم المركبات في الكيمياء الحديثة.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن لجزيء بسيط واحد أن يؤدي إلى أصباغ زاهية وأدوية منقذة للحياة وتقنيات متقدمة؟

الاستكشاف [Exploration]

انظر بعناية إلى المنتجات التالية:

- الأقمشة الملونة
- حبر الطابعة
- الأقلام الدائمة
- شرائط الاختبار الطبية
- صبغة الشعر
- مؤشرات الأس الهيدروجيني المخبرية

فكر:

ناقش الأسئلة الآتية قبل دراسة الدرس:

1. أي من هذه المنتجات يعتمد على الكيمياء العضوية؟

.....

2. لماذا تبدو بعض الجزيئات زاهية الألوان بينما تكون أخرى عديمة اللون؟

.....

3. كيف يمكن للكيميائيين تصميم جزيئات بألوان محددة عن قصد؟

.....

تعلم

١. الأمينات العطرية:

(أ) **الأمينات العطرية:** مركبات ترتبط فيها مجموعة أمين $-NH_2$ مباشرةً بحلقة بنزين.

(ب) الأنيلين $C_6H_5NH_2$

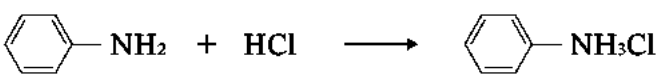
(i) عملية تصنيع الأنيلين: يُنتَج عند اختزال مجموعة النيترو في النيتروبنزين إلى مجموعة أمين.

(ii) خصائص الأنيلين:

- سائل قاعدي ضعيف.
- يعطي لونًا أحمر-أرجواني عند أكسدته بمحلول مسحوق التبييض المائي.
- شحيح الذوبان في الماء، لكنه يذوب في الماء عند معادلته بحمض ليُكوّن ملحًا.

(iii) تفاعلات الأنيلين:

- عند إضافته إلى حمض الهيدروكلوريك، يعطي ينتج هيدروكلوريد الأنيلين ويذوب جيداً.



بنية العلم

الحقيقة الأساسية:

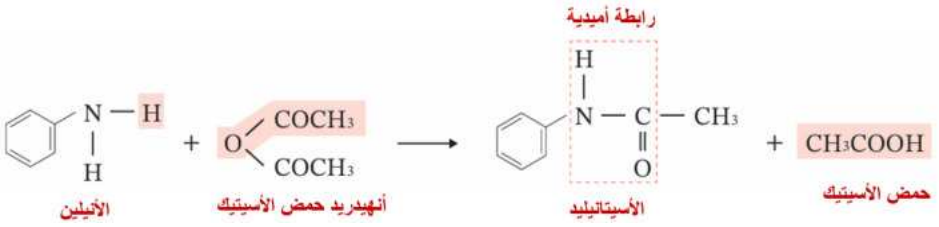
- تحتوي الأمينات العطرية على مجموعة $-NH_2$ مرتبطة مباشرةً بحلقة بنزين.
- أبسط أمين عطري هو الأنيلين.
- تتصرف الأمينات العطرية كقواعد ضعيفة.

المفاهيم الأساسية:

- الأمينات العطرية
- المجموعة الأمينية
- مركبات الآزو
- أملاح الديازونيوم
- الديازوتة
- اقتران الديازو.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

• عندما يتفاعل مع أنهيدريد حمض الأسيتيك، تحدث أستلة، ويُنتج الأسيتانيليد.



استقصاء تجريبي:

يريد كيميائي تصنيع صبغة نسيج برتقالية زاهية. أي تسلسل من التفاعلات سيكون مطلوبًا؟

A. البنزين ← السيكلوهكسان ← الإيثانول

B. النيتروبنزين ← الأنيلين ← ملح الديازونيوم ← صبغة آزو

C. الميثان ← الإيثانول ← حمض الأسيتيك

اشرح السبب:

.....

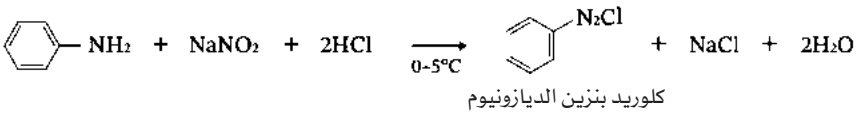
٢. مركبات الآزو:

(أ) **مركبات الآزو:** مركبات تحتوي على مجموعة آزو $-N=N-$ في الجزيء.

(ب) **أملاح الديازونيوم:** أملاح لها البنية $R-N^{+}\equiv N$.

(جـ) **الديأزة:** تفاعل تحضير أملاح الديازونيوم.

• عند إذابة الأنيلين في حمض الهيدروكلوريك ومزجه بمحلول مائي من نتريت الصوديوم $NaNO_2$، يُنتَج كلوريد بنزين الديازونيوم.



كلوريد بنزين الديازونيوم

ملاحظة: يُجرى هذا التفاعل تحت التبريد. لأن كلوريد بنزين الديازونيوم يتحلل بسهولة عند ارتفاع درجة الحرارة.

(د) تفاعل الازدواج الدياذاوي: تفاعل يُنتج مركب آزو من ملح ديازونيوم.

• عند إضافة محلول فينوكسيد الصوديوم المائي إلى محلول كلوريد بنزين الديازونيوم المائي، ينتج بارا-هيدروكسي آزوبنزين (بارا-فينيل آزوفينول) لونه برتقالي محمر.

كلوريد بنزين ديازونيوم — فينوكسيد الصوديوم — (*p*-هيدروكسي آزوبنزين) (*p*-فينيل آزوفينول)

بارا-هيدروكسي آزوبنزين مركب آزو.

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

فكّر كمهندس:

تريد شركة صناعية تصنيع الأنيلين بأمان على نطاق واسع.

بصفتك مهندسًا كيميائيًا، اقترح:

- طرقًا للتحكم في درجة الحرارة
- إجراءات تخزين آمنة
- معالجة النفايات
- حماية العمال
- مراقبة بيئية

كيف يقلل تصميمك من المخاطر الصناعية؟

.....

تطبيق حياتي: أواني الضغط:

تُستخدم الأمينات العطرية على نطاق واسع في:

- تصنيع الأدوية
- إنتاج المطاط
- البلاستيك
- مضادات الأكسدة
- المواد الكيميائية للتصوير
- الأصباغ
- المواد الكيميائية الزراعية

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

(أ) عند تفاعل أنهيدريد الأسيتيك مع الأنيلين، ينتج الأسيتانيليد. تم الحصول على الأسيتانيليد بتفاعل الأنيلين مع كمية زائدة من أنهيدريد حمص الأسيتيك. أجب عن الأسئلة التالية.

(i) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل بين الأنيلين وأنهيدريد الأسيتيك.

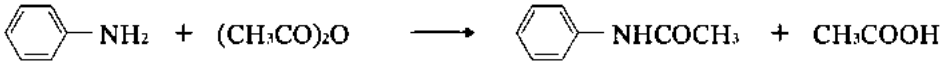
(ii) يحتوي الأسيتانيليد على رابطة $-NH-CO-$. ما اسم هذه الرابطة.

(ب) ما اسم المادة الناتجة عند إضافة محلول نيتريت الصوديوم $NaNO_2$ المائي إلى محلول حمض الهيدروكلوريك المخفف للأنيلين والتبريد بالثلج، واكتب صيغتها البنائية.

(جـ) ما اسم المادة الناتجة عند تفاعل كلوريد بنزين الديازونيوم مع محلول مائي مختلط من الفينول وهيدروكسيد الصوديوم، واكتب صيغتها البنائية.

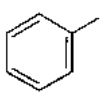
الشرح

(أ)(i)



(ii) الرابطة الأميدية

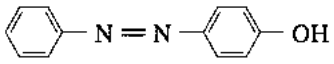
(ب)



D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

(جـ) عند إضافة الفينول إلى محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي، يتكوّن فينوكسيد الصوديوم، الذي يتفاعل مع كلوريد بنزين الديازونيوم.

الاسم: بارا-هيدروكسي آزوبنزين (بارا-فينيل آزوفينول) الصيغة البنائية:



تفسير البيانات:

يقيس طالب ثبات كلوريد بنزين الديازونيوم عند درجات حرارة مختلفة:

درجة الحرارة (°C)	الثبات
0	ثابت جدًا
5	ثابت
15	يتحلل ببطء
25	تحلل سريع

الأسئلة:

١. صف الاتجاه؟

٢. لماذا يجب إجراء الديأزة تحت التبريد؟

٣. تنبَّأ بما سيحدث إذا أُجري التفاعل عند 40°C .

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية المتعلقة بالأنيلين:

يحضر الأنيلين باختزال مجموعة (A) للنيتروبنزين إلى مجموعة (C) باستخدام القصدير وحمض الهيدروكلوريك. الأنيلين مركب (D) وهو (E) في الماء. (I)عند إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى الأنيلين، يتعادَل ليُكوّن (F)، وهو (G) في الماء. كما أنه (II)عند تفاعل الأنيلين مع أنهيدريد الأسيتيك، يخضع لـ(H) لإنتاج (I)، الذي يحتوي على رابطة (J).

(أ) املأ الفراغات بالكلمات أو أسماء المركبات المناسبة في النص.

(ب) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل في الجزء الذي تحته خط (i).

(جـ) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل في الجزء الذي تحته خط (ii).

(د) ما اسم المركب الناتج عند إضافة محلول نيتريت الصوديوم المائي إلى المحلول المائي للجزء (I) أثناء التبريد.

(هـ) ما اسم التفاعل في (د)؟

(و) اكتب الصيغة البنائية للمركب الناتج عند إضافة محلول فينوكسيد الصوديوم المائي إلى ناتج في (د).

تحدَّ تفكيرك:

لماذا تكون مركبات الآزو زاهية الألوان عادةً بينما البنزين نفسه عديم اللون؟

استخدم فهمك لـ:

- الأنظمة المترابطة
- تفرق الإلكترونات
- امتصاص الضوء المرئي

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي من التفاعلات التالية يحوّل الأنيلين إلى ملح ديازونيوم؟

(أ) الهدرجة

(ب) الديأزة

(ج) الأسترة

(د) التحلل المائي

2. ينتج اللون الزاهي لمركبات الآزو بشكل رئيسي من

(أ) الرابطة الأيونية

(ب) أنظمة إلكترونات π المترافقة

(جـ) الرابطة الهيدروجينية

(د) السلاسل الكربونية المشبعة

3. يتفاعل الأنيلين مع أنهيدريد الأسيتيك لإنتاج (A)، الذي له تأثير خافض للحرارة. يُسمى هذا التفاعل بـ(I) للأنيلين. كما أنه بعد إذابة الأنيلين في حمض الهيدروكلوريك، (ii)عند إضافة محلول نيتريت الصوديوم المائي أثناء التبريد بالثلج، يُنتَج (B). يُسمى هذا التفاعل (II). عند إذابة الفينول في محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي وإضافته إلى المحلول المائي لـ(B)، يحدث (III)، ويُنتَج مركب برتقالي محمر (C).

(أ) أذكر أسماء التفاعلات المقابلة للفراغات (I) إلى (III) في النص.

(ب) اكتب الصيغ البنائية للمركبات من A إلى C في النص.

(جـ) في جزيء المركب C، توجد –N=N–. ما اسم هذه المجموعة الوظيفية.

(د) اكتب معادلة كيميائية للتفاعل في الذي تحته خط (i).

(هـ) اشرح لماذا يُجرى التفاعل في الذي تحته خط (ii) تحت التبريد.

التحدي الكبير:

يحاول العلماء استبدال أصباغ الآزو التقليدية ببدائل صديقة للبيئة.

صمّم صبغة جديدة:

- زاهية الألوان
- قابلة للتحلل الحيوي
- لا تُطلق أمينات عطرية سامة
- رخيصة التصنيع

ما الخصائص الكيميائية التي سيتطلبها هذا الجزئ؟

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

١٥-٤ — فصل المركبات الأروماتية

مقدمة

تخيل أنك كيميائي شرعي يحقق في سائل مشبوه تم استرجاعه من مختبر. يُظهر التحليل أنه يحتوي على أربع مركبات عطرية مختلفة ممزوجة معًا. قبل تحديد كل مركب، يجب أن تفصلها أولًا دون تغيير تركيبها الكيميائي.

في هذا الدرس، سنستكشف كيف يستخدم الكيميائيون الفروق في الذوبان وخصائص الحمض–القاعدة لفصل المركبات العطرية بكفاءة ودقة.

؟ سؤال توجيهي: كيف يمكن للكيميائيين فصل مركبات تبدو متشابهة لكن لها خصائص كيميائية مختلفة؟

الاستكشاف

يحتوي خليط على:

• الأنيلين • الفينول • حمض الساليسيليك • النيتروبنزين

دون استخدام الكروماتوجرافيا أو التقطير:

• أي مركب سيذوب في حمض الهيدروكلوريك المخفف؟ .....

• أيها سيتفاعل مع بيكربونات الصوديوم؟ .....

• أيها سيبقى دون تغيير؟ .....

• اكتب توقعاتك قبل دراسة إجراء الفصل؟ .....

تعلم

فصل المركبات العطرية:

(أ) **تجربة الفصل:** باستخدام قمع فصل وتقسيم المزيج إلى طبقة مائية وطبقة مذيب عضوي مثل إيثرثنائي الإيثيل (طبقة الإيثر)، يمكن فصل المركبات.

• المواد شديدة الذوبان في الماء تنتقل إلى الطبقة المائية.

• المواد شديدة الذوبان في المذيبات العضوية تنتقل إلى طبقة الإيثر.

(ب) خصائص المركبات العطرية: تكون شديدة الذوبان في المذيبات العضوية مقارنة بالماء.

(جـ) الفصل بتفاعل التعادل: عندما تتحول إلى أملاح من خلال تفاعل التعادل، تصبح شديدة الذوبان في الماء.

• تتفاعل الأحماض مع قاعدة لتكوين ملح.

• تتفاعل القواعد مع حمض لتكوين ملح.

• المواد المتعادلة لا تتفاعل مع الأحماض أو القواعد.

استقصاء تجريبي:

سؤال البحث: كيف يؤثر تغيير الأس الهيدروجيني على ذوبان المركبات العطرية؟

استقصِ:

• أي المركبات تصبح أملاحًا؟

• أيها يبقى متعادلًا؟

• أي طبقة (مائية أو إيثر) يشغلها كل مركب بعد كل معالجة؟

أنشئ مخطط تدفق للفصل بناءً على ملاحظاتك.

.....

بنية العلم

الحقائق الأساسية:

–تذوب المركبات العطرية بشكل عام بصورة أفضل في المذيبات العضوية منها في الماء.

–يمكن لتفاعلات الحمض–القاعدة أن تحوّل الجزيئات المتعادلة إلى أملاح ذائبة في الماء.

– تسمح أقماع الفصل باستخلاص سائل.

–سائل بكفاءة عالية.

المفاهيم الأساسية:

– المذيبات العضوية.

– حمض الهيدروكلوريك.

– المواد المتعادلة.

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

(د) الفصل بتحرير الأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة:

- يتفاعل ملح حمض ضعيف مع حمض أقوى منه لتحرير الحمض الضعيف.

(قوة الأحماض): حمض الهيدروكلوريك، حمض الكبريتيك > أحماض السلفونيك > الأحماض الكربوكسيلية > حمض الكربونيك > الفينولات

- يتفاعل ملح قاعدة ضعيفة مع قاعدة أقوى منها لتحرير القاعدة الضعيفة.

فكّر كمهندس:

يجب على شركة أدوية فصل مركبات عضوية قيّمة عن النفايات الصناعية بأقل تأثير بيئي.

صمّم عملية فصل:

- تُقلل استخدام المذيب
- تسمح بإعادة تدوير المذيب
- تُقلل النفايات الكيميائية
- تزيد من استعادة المنتج

كيف يحسّن تصميمك الاستدامة الصناعية؟

.....

مثال:

أجب عن الأسئلة التالية:

يوضح الشكل إجراء فصل كل مركب من محلول إيثر يحتوي على مزيج من الأنيلين وحمض الساليسيليك والنيتروبنزين والفينول.

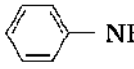
محلول الإيثر للمخلوط
(i) إضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف
طبقة الإيثر I
الطبقة المائية I
(ii) إضافة محلول بيكربونات الصوديوم المائي $NaHCO_3$
طبقة الإيثر II
الطبقة المائية II
(iii) إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) المائي
طبقة الإيثر III
الطبقة المائية III

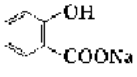
(أ) حدد عدد الأيزوميرات للمركبات العطرية الممثَّلة بالصيغ الجزيئية التالية:

(ب) صف باختصار التغيير الذي يحدث عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى الطبقة المائية I.

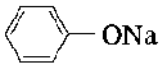
الشرح

بما أن جميع المواد الأربع مركبات عطرية، فإنها تذوب في محلول الإيثر. كما أن خصائصها هي: الأنيلين قاعدي ضعيف، وحمض الساليسيليك حمضي ضعيف، والنيتروبنزين متعادل، والفينول حمضي ضعيف. تحقق من التفاعلات بالترتيب.

الطبقة المائية I: بما أن حمض الهيدروكلوريك المخفف المُضاف في (i) حمضي قوي، فإن الأنيلين القاعدي يُعادَل ليُكوّن ملحًا يذوب في الماء وينتقل إلى الطبقة المائية. لذلك، تحتوي الطبقة المائية I على هيدروكلوريد الأنيلينيوم. الصيغة البنائية: 

الطبقة المائية II: بما أن $NaHCO_3$ المُضاف في (ii) ملح حمض الكربونيك، فإنه يتفاعل مع الأحماض الأقوى. من بين حمض الساليسيليك والفينول، الحمض الأقوى من حمض الكربونيك هو حمض الساليسيليك، وهو حمض كربوكسيلي عطري، لذا يتحول إلى ملح وينتقل إلى الطبقة المائية. لذلك، تحتوي الطبقة المائية II على ساليسيلات الصوديوم 

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

الطبقة المائية III: بما أن محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH المائي المُضاف في (iii) قاعدي قوي، فإنه يُعادِل الفينول الحمضي المتبقي في طبقة الإيثر من بين النيتروبنزين والفينول ليُنتج ملحًا. لذلك، تحتوي الطبقة المائية III على فينوكسيد الصوديوم 

عند إضافة هيدروكسيد الصوديوم، وهو قاعدة قوية، إلى كلوريد الأنيليونيوم،وهو ملح لقاعدة ضعيفة، يتحرر الأنيلين. (تحرير قاعدة ضعيفة)

تفسير البيانات:

فكّر كعالم كيميائي:

الخطوة	الكاشف المُضاف	المركب المفصول
I	حمض الهيدروكلوريك المخفف	الأنيلين
II	$NaHCO_3$	حمض الساليسيليك
III	NaOH	الفينول
المتبقي	طبقة الإيثر	النيتروبنزين

الأسئلة:

١. لماذا يُضاف حمض الهيدروكلوريك أولًا؟ .....

٢. لماذا لا تُزيل بيكربونات الصوديوم الفينول؟ .....

٣. لماذا يبقى النيتروبنزين في طبقة الإيثر؟ .....

٤. تنبَّأ بما سيحدث إذا أُضيف NaOH أولًا. .....

حاول بنفسك:

أجب عن الأسئلة التالية:

اقرأ النص التالي وأجب عن الأسئلة التي تليه.

١. اعتبر محلول إيثر ثنائي الإيثيل يحتوي على الفينول والأنيلين وحمض الساليسيليك والنيتروبنزين مذابة فيه.

العملية I: أضيف محلول بيكربونات الصوديوم المائي بتركيز 5٪ وروج جيدًا للحصول على الطبقة المائية I وطبقة الإيثر I.

العملية II: بعد فصل الطبقة المائية I وطبقة الإيثر I، أضيف محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي بتركيز 2mol/L إلى طبقة الإيثر I ورج جيدًا للحصول على الطبقة المائية II وطبقة الإيثر II.

العملية III: بعد فصل الطبقة المائية II وطبقة الإيثر II، أضيف A إلى طبقة الإيثر II ورج جيدًا للحصول على الطبقة المائية III وطبقة الإيثر III.

(أ) اختر كاشفًا مناسبًا واحدًا لـ A من الخيارات أ إلى د التالية.

(أ) محلول كلوريد الصوديوم المائي بتركيز 10٪

(ب) حمض الهيدروكلوريك بتركيز 2 mol/L

(جـ) محلول بيكربونات الصوديوم المائي بتركيز 2 mol/L

(د) محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي بتركيز 0.1 mol/L

موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي D.M.RAZK

(ب) اكتب الصيغ البنائية لأملاح المركبات العضوية الذائبة في الطبقات المائية I إلى III.

(جـ) املأ الفراغات (i) إلى (iv) بالصيغ البنائية المناسبة في النص التالي:

عند إضافة كمية كافية من حمض الهيدروكلوريك المخفف إلى الطبقة المائية I، ترسب مادة صلبة بيضاء (i). عند تمرير كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون عبر الطبقة المائية II، تم الحصول على (ii). عند إضافة كمية كافية من محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي إلى الطبقة المائية III، تم الحصول على (iii). عند تبخير طبقة الإيثر III، بقي سائل زيتي (iv).

تحدَّ تفكيرك:

افترض أن الخليط يحتوي أيضًا على حمض البنزويك.

هل سيعمل تسلسل الفصل نفسه؟

إذا لم يعمل، فقد تشمل الأمثلة:

- ما الذي سيتغيّر؟ .....
- أي كاشف ينبغي إضافته أولًا؟ .....
- لماذا؟

.....

تدرب:

اختر الإجابة الصحيحة:

١. أي من المركبات التالية يبقى في طبقة الإيثر بعد إضافة بيكربونات الصوديوم؟

(أ) حمض الساليسيليك (ب) كلوريد الأنيلينيوم

(جـ) النيتروبنزين (د) ساليسيلات الصوديوم

٢. لماذا يُضاف هيدروكسيد الصوديوم بعد بيكربونات الصوديوم؟

(أ) لأنه عامل مؤكسد أقوى. (ب) لأنه يحوّل الفينول إلى ملح ذائب.

(جـ) لأنه يُبخِّر المذيب. (د) لأنه يُعادِل النيتروبنزين.

٣. بفرض أن محلولًا يحتوي على الأنيلين والفينول وحمض الساليسيليك مذابة في إيثر ثنائي الإيثيل. فُصل كل مكوّن من هذا المحلول المختلط بالعمليات الموضحة في الشكل. أجب عن الأسئلة التالية.

محلول إيثر مخلوط من الأنيلين، والفينول، وحمض الساليسيليك
إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي والرج.
طبقة الإيثر
الطبقة المائية
تبخير الإيثر.
بعد التعادل بحمض الهيدرو كلو ريك، يُضاف بيكربونات الصوديوم المائي و الإيثر ثم يُرج.
a
طبقة الإيثر
الطبقة المائية
تبخير الإيثر.
بعد جعلها حامضية باستخدام حمض الهيدروكلوريك، يتم تجميع المادة الصلبة الناتجة.
b
c

(أ) اكتب الصيغ البنائية للمركبات a إلى c في الشكل.

(ب) اختر الكاشف الذي يتفاعل مع مركب واحد فقط.

من a إلى c من الخيارات A إلى D التالية.

A. محلول فهلنج

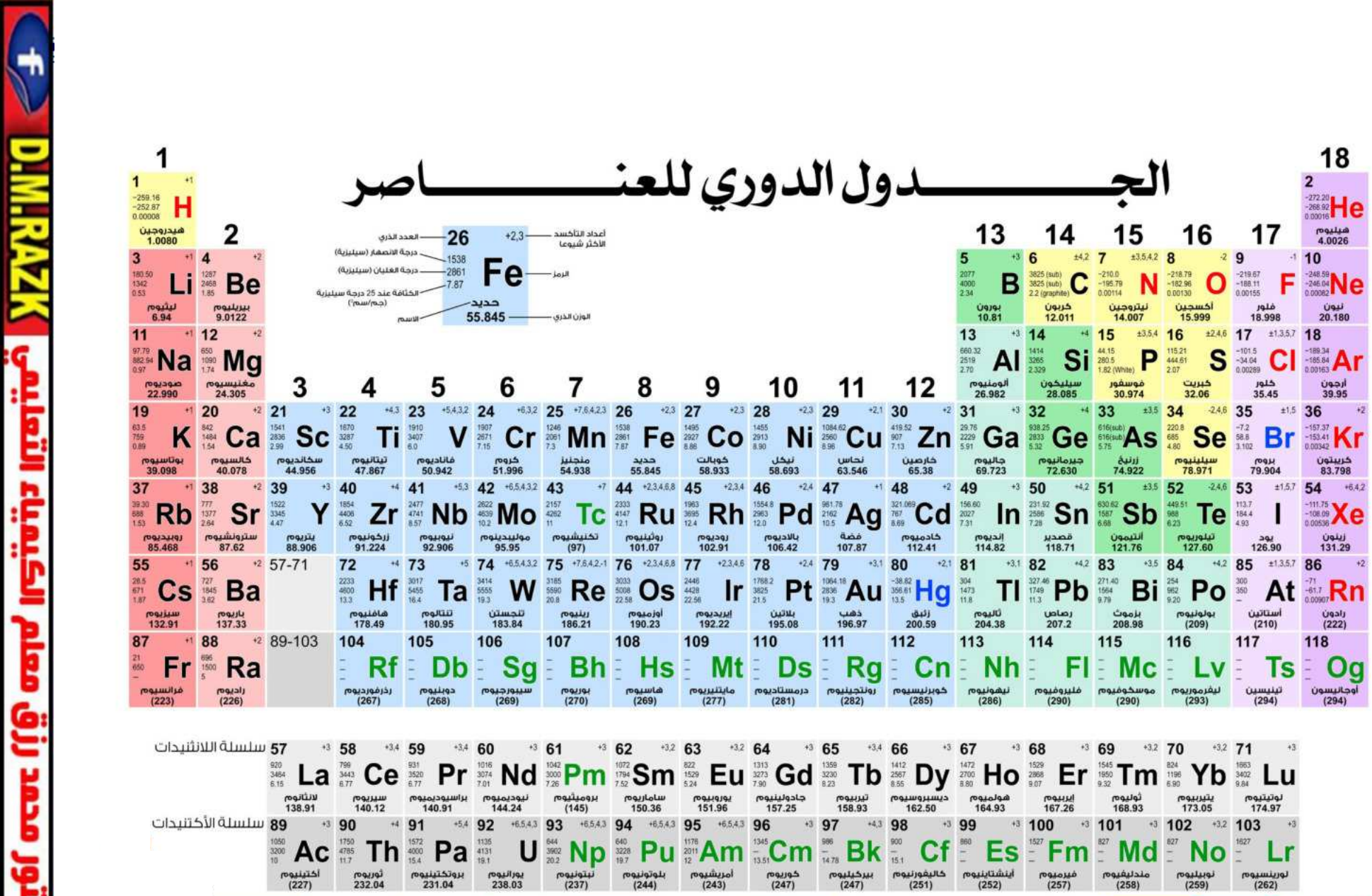
B. مسحوق التبييض

C. محلول كلوريد الحديد (III) المائي

D. اليود ومحلول هيدروكسيد الصوديوم المائي

(جـ) إذا كان التولوين موجودًا أيضًا في المحلول المختلط الأولي، أين من بين a إلى c في الشكل سيُفصَل التولوين؟ اختر الحرف المناسب

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي


الجـــــــدول الدوري للعنـــــــاصر
العدد الذري
درجة الانصهار (سيليزية)
درجة الغليان (سيليزية)
الكثافة عند 25 درجة سيليزية (جم/سم³)
الاسم
أعداد التأكسد الأكثر شيوعا
الرمز
الوزن الذري
26
+2,3
1538
2861
7.87
Fe
حديد
55.845
سلسلة اللانثنيدات
سلسلة الأكتنيدات
الفلزات القلوية
الفلزات القلوية الترابية
الفلزات الانتقالية
الفلزات ما بعد الانتقالية
أشباه الفلزات
اللافلزات
الهالوجينات
الغازات النبيلة
اللانثنيدات
الأكتنيدات
العناصر الصلبة
العناصر السائلة
العناصر الغازية
العناصر الصناعية

D.M.RAZK

المؤلفون

Maki Komizo

Takayuki Kobayashi

Asato Tanaka

Koto Yasuda

المراجعون

أ.د. بشرى مسعد عوض

أ.د. محمد أبو ريه

أ.م.د. سالي كمال إبراهيم

د. محمد عارف

د. عزيزة رجب خليفة

د. حنان أبو العباس محمد

أ. سامح منصور

أ. جمال اليمني السيد

الإشراف العام

د. جبريل أنور حميدة

رئيس الادارة المركزية لتطوير المناهج

D.M.RAZK موقع الدكتور محمد رزق معلم الكيمياء التعليمي

موقع الدكتور محمد رزق التعليمي

امسح الباركود بالموبيل لتثبيت التطبيق وتحميل كل الملازم مجانا وبسرعه

MR

حمل التطبيق الأن

GET IT ON Google Play

ملازم ابتدائي | ملازم اعدادي | ملازم ثانـــوي | كورسات ونتائج امتحانات

موقع الدكتور محمد رزق
Dr.MoRizK